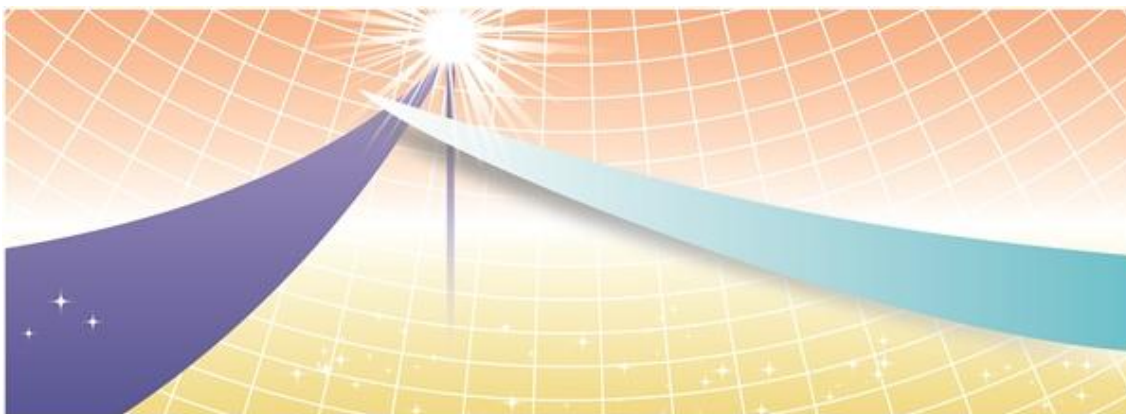




縮小社会通信 第 15 号

目次

人類は奇跡の水を潤らすのか	尾崎雄三	1
温暖化と化石燃料と縮小社会	松久寛	23
被災地の子どもの社会的孤立と社会的包摂 - 東日本大震災の復興過程の縦断的分析	葉養正明	35

2025 年 9 月 12 日
一般社団法人縮小社会研究会



人類は奇跡の水を潤らすのか

尾崎 雄三

はじめに

「水」、それは私たち日本人が、日常生活において水道の蛇口から無意識的に使っている。

人が生きる上で欠かせないものは昔から「衣食住」とであるとされてきたが、「水（淡水）」と「空気」は含まれていない。なぜ、水と空気は除外されているのか。推測するに、いずれも衣料、食料、住居のように、人が「造る」必要がないものだからだろう。日本は水の豊かな国であり、昔から「造る」労力なしに入手し、使用することができた。

その淡水が、現在の文明を維持して入手することがこの地球上では困難になりつつあり、水の入手を巡って深刻な問題を引き起こす可能性が高まっていて、日本も例外ではない。2009年にイスマイル・セラゲルディン世界銀行副総裁(当時)は、「私たちが水の管理方法を変えない限り、21世紀の戦争は水を巡るものになる」と述べている¹。

世界の水需要は 2000 年から 2050 年で 55%増加すると予測されており、主に製造業の工業用水が 400%、生活用水が 30%などの増加見込みで、2050 年に深刻な水不足に見舞われる河川流域の人口は 39 億人（世界人口の 40%以上）となると予測されている²。

2023 年国連水会議では、自国に水源があり、それを安心・安全に利用できる国は、国連加盟国 193 カ国中、日本を含めてわずかに 21 カ国であることが報告されている。

水は地球上の生命に欠かせない存在

(1) 奇跡的な水の性質（以下、「水」は淡水の意味で使用する）

水は生物の生命にとって奇跡的な性質を持った化学物質である。

① 水素と酸素から構成されている。

生物体は化学物質で形成されていて、その化学物質を構成する主要な元素は、水素、酸素と炭素、たんぱく質構成主要元素にはこれらに窒素が加わる。水の化学式は H_2O であって水素と酸素の供給源であり、地球上に水がなければ生命が誕生することはなかったといえる。

② 生物の生存可能な温度範囲で低粘度で流動する。

地球上において、生物が生存可能な温度は -50°C から $+50^{\circ}\text{C}$ 程度であり、快適に過ごせる 20°C で液状で大量に存在し、生物に無害な物質は水だけである。水は血液の主成分であって体に必要な成分を含んでも低

粘度なので哺乳類の体の末端の毛細血管まで流れて赤血球に結合した酸素やブドウ糖などを送り届けることができ、また植物では茎、葉の道管・篩管を流れて根から葉に水分、養分を送り届けることができる。

③ 多種多様な物質を溶かし込む能力がある。

水にはブドウ糖などの糖類、アミノ酸、塩化ナトリウムなどの塩類などのほか、わずかではあるが鉱物成分や金属成分も溶ける。脂肪などの油性の物質も母乳や豆乳のように微粒子状で水に分散して乳液となる。

④ 冷却に適した熱特性を有する。

水の熱特性は、気化熱（蒸発熱）が 2442 kJ/kg (25°C)、融解熱 (0°C の氷から水へ) が 335 kJ/kg 、比熱 (1g を 1°C 上昇させる) が 4.2 kJ/kg (18°C) と身近な物質の中では飛びぬけて大きく、表面で蒸発する時は蒸発熱により、接触して融解する時は融解熱により、また接触して流れるときは比熱により、それぞれ接する対象物を効果的に冷却できる。

⑤ 無機化合物と親和性がある（表面が水で濡れやすい）。

無機化合物である岩石が粉碎された砂や土壌の隙間に侵入した水は、岩石粒子との高い親和性により地表からの蒸発が抑制され、保持される。そのおかげで植物が根から養分と共に水を吸収できる。

⑥ 大気中で水循環を形成することができる。

水は大気中で水蒸気として存在し、飽和水蒸気量は、気温が高くなるほど大きくなる。気温 40°C の飽和水蒸気量は約 50 g/m^3 であるが、気温が 0°C では 4 g/m^3 ほどとなり、水蒸気を含む暖気が上空で冷却されると、この差分が雨や雪となって降り、地球上の水循環を形成し、地上で食塩や有害な物質が溶け込んでも純粋な水として地上に循環できる。

(2) 水はなぜ重要なのか—「生命の水」

水は、生物にとってその誕生と生命維持には欠かせないものである。生物の始まりは、海中でのアミノ酸の生成から始まる。アミノ酸は炭酸ガスと水が存在する環境で空中放電（雷）などにより窒素が反応することにより生成し、生物の源である遺伝情報を持つ DNA、並びに身体を構成するタンパク質は、複数のアミノ酸が化学結合して大きな分子になることで形成されている。

このアミノ酸が集まって化学結合するためには、複数のアミノ酸が移動して互いに接することが必要である。アミノ酸は気体にならないので空気中では移動することはできず、固体の氷の中では閉じ込められて移動できない。

つまり、生体の基本であるアミノ酸の生成およびできたアミノ酸が移

動して結合し、DNA、さらにはたんぱく質を形成するためには、媒体として水は欠かせないものである。

生物の始まりは海中であるが、その後陸に上がって進化しており、その進化ができたのは「土」があったからだと思われる。

地球表面で形成された岩石が雨水で流され、お互いに衝突して粉碎され、礫、砂、シルト、粘土の順に小さな粒子になり、下流で堆積する。堆積した岩石粒子の隙間に水が蒸発を抑制されて保持され、この水に溶けた岩石由来の鉱物成分、空気中から溶け込んだ炭酸ガスなどにより「土」が形成され、上陸した植物が定着できる環境となったと考えられる。

植物は、根から窒素成分などの養分と水を吸収し、葉に送って水(H_2O)と大気中から取り入れた炭酸ガス(CO_2)を使用し、光合成により炭水化物を合成する。水がなければ根からの養分の吸収も葉への養分供給もできず、光合成ができないので植物は育たない。植物が育たなければ、当然これを食べて生きる昆虫も動物も生きることができないし、食物連鎖の頂点にいる人類も生存できない。

(3) 人体にとっての水

人間をはじめ、すべての動物は体外から食物を取り込んで消化して必要な成分（栄養分）を吸収し、これを体の末端まで輸送して利用することで生命を維持している。また、栄養分以外にも体内で生成したホルモン、免疫細胞、リンパ球、空気から取り込んだ酸素を輸送する必要もあり、さらには、生命維持活動で生じた老廃物を集めて分解、排出することも必要である。そのために必要なものが血液とリンパ液であり、いずれも成分の約 90% は水である。

人間の体の水分率は、胎児では 90%、子どもで 75 %、成人で 60 ~ 65%、65 歳以上の高齢者で 50 % である。年齢にかかわらず 1~2 % の水が欠乏すると脱水症状として口やのどの渇きを感じ、約 6% 減少すると頭痛や脱力感を感じるようになり、約 10% 減少すると筋肉のけいれん、腎不全が発生し、約 20% の水分が失われると死亡する。人が水を摂取せずに生存できるのは 3~7 日である。

人体が排出する水分は、尿、大便、汗、呼気の水蒸気で、摂取する水は、食物の水分、飲料水であり、食物の構成元素である水素は体内の代謝により水となる。

体外に排出しなければならない老廃物は、全身に送って利用した栄養分から生じた不要物、食物の消化吸收されなかった残渣などで、これらの老廃物を排出できなければ動物は生命を維持できない。この排出にも

水が欠かせない。

A) 尿

たんぱく質の代謝により生成する窒素成分はアンモニアであるが、アンモニア (NH_3) は人体には有害なので体内で無害な水溶性の尿素 ($\text{NH}_2\text{CO}-\text{NH}_2$) に変換され、尿成分として排出される。人の尿は約 98% が水、尿素が約 2%、その他微量の塩素やナトリウムなどを含んでいる。成人なら、1 日に約 1.2 L もの水分が尿として排出されている。

B) 大便

大便においても水は重要な成分で健康な場合の水分率は 80% であり、20% は固形成分主体の食物の消化残渣、腸内細菌、剥がれた腸の粘膜である。便秘気味では水分は約 70%、下痢では 90% 以上になることもあるから、水分率の範囲は狭く、水がなければ大便は大腸を移動・排出することはできない。

C) 汗

体から排出される水分である汗は体温維持という重要な役割を担っている。我々人間の体温、特に深部体温（脳、肝臓、腎臓、消化器などの臓器部）は、摂取した食物を身体に必要な栄養成分に分解したり、細胞が活動する時に必要なエネルギーに転換するための酵素が能力を最も効率的に発揮できる温度条件である $37 \pm 0.5^\circ\text{C}$ （通常体温測定をする腋下の温度は内部体温より約 0.5°C 低い）という、自然界の気温変動に対して非常に狭い範囲に調節されている。

深部体温は、 35°C で低体温症となり、 27°C まで下がると低体温症で死亡する³。深部体温が 37.5°C を超えると熱中症の症状が出始め、脳障害を生じ、 40°C 以上になると危険体温となって、生体は数時間しか耐えられない⁴。

気温が低いときに体温の低下を防ぐために自然界で利用できる手段は、衣類の重ね着や部屋の暖房などいくつかの手段があるが、気温が高いときに体温の上昇を防ぐ手段は、設備を必要とする冷房を除くと、全身表面で汗をかき、その水分の大きな蒸発熱を利用して体を冷やすことしかない。人間は基礎代謝により常に熱を発生しているから、気温が 35°C を超える猛暑日では、労働をすると体内の発熱量がさらに増えるので深部体温が 37.5°C を超えて熱中症になる危険性が高くなる。湿度が高くなると汗の蒸発が抑えられるので危険度はさらに上昇し、最近の研究では、人が耐えられる気温の限界は、湿度 100% の環境で $30 \sim 31^\circ\text{C}$ （WGBT (Wet Bulb Globe Temperature 湿球黒球温度) = 34 相当）と報告されている⁵。注意すべきは、気温 35°C では湿度 75%、気温 40°C になると湿度 45% で

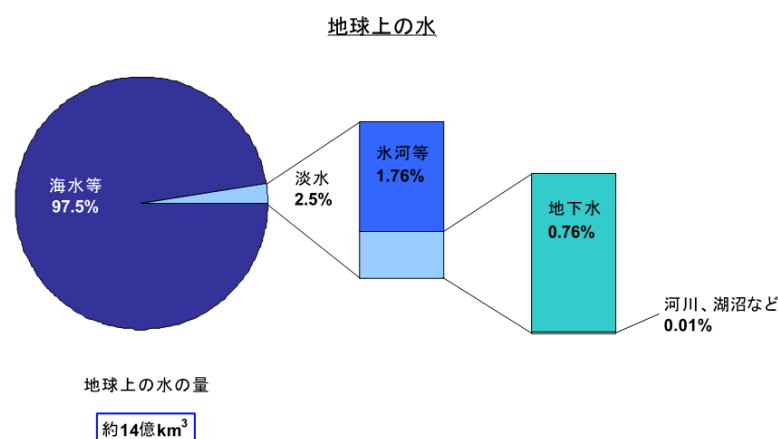
WGBT が 34 になる⁶。つまり，気温 35℃ 以上の猛暑日においては気温が高くなるほど低湿度で人が耐えられる限界を超えることになる。水の蒸発熱の大きさが人間にとっていかに重要かご理解いただけたらと思う。

体の水分が過剰な場合は汗や尿として排出する機能が人間には備わっているが，不足した場合は外部から補充するしかなく，清浄な飲み水は人が生きるためには欠かせないものである。

地球上の水と淡水源

生物と生物界の頂点にいる人類が生命をつないでいくために欠かせない水は，地球上にどれほどあるのだろうか。

図 1 のように，地球上に存在する水は約 14 億立方キロメートル (km³) であるが，97.5% が海水であり，淡水はわずか 2.5% (約 3600 万 km³) しかなく，氷河などの形で 1.76%，地下水として 0.76%，それぞれ存在し，地表にあって人間が利用できる河川，湖沼の淡水は 0.01% である。地表水の量は地下水の約 60 分の 1 であり，氷河と地下水は簡単には利用できない。これ以外に空気中に雲，水蒸気，雨となる氷の粒子が 0.0001% (1 万分の 1%) 存在するがこれも利用は難しい。



【図 1】地球上の水 (国土交通省「平成 15 年版 日本の水資源」)

A) 雨水，雪解け水

水の源は「雨 (雪)」である。雨 (雪) は地表に存在する水が太陽光のエネルギーにより加熱されて蒸発した水蒸気，および草木などの植物が放散した水蒸気が上空で冷却されて氷の粒となり，落下して雪や雨になる。つまり，地球上の水は太陽光エネルギーにより循環・供給されているのであり，生命の源である水はまさに「太陽の恵」そのものである。

地表に最も大量に存在するのは上記のとおり食塩を多く含む海水であ

り、湖沼、河川の水、土壌中の水も土壌の成分や有機物などが溶け込んでいるが、塩分や土壌の鉱物成分は蒸発の際には気化しないので水蒸気は水だけであり、この純粋な水蒸気が雨となる。自然の中では降雨以外で淡水が再生されることはない。世界の雨水の量は 3 万 4000 km³ (2003 年時点) であるが、温暖化による水循環加速により増加していると推定される。

人や動植物が利用できる地球の淡水源は、表流水(「表層水」とも呼ばれる)と地下水である。表流水は、河川・湖沼・池の水、ダム貯水である。地下水は湧水として表流水となった場合や、井戸から汲み出した場合に利用できる。

B) 氷河融解水

地球の寒冷期に形成された氷河は、気温が 0℃を超えると溶け始めて河川水や地下水となって利用可能になる。氷河は凍結した状態では水源として利用できないし、海岸近くの氷河の融解水は直接海に流れ込むのでやはり利用できない。

C) 地下水

地下水には表層地下水と深層地下水があり、いずれも地表から浸透して帯水層に貯留された水である。帯水層は不透水層または非透水層の間に存在し、砂や礫など粗粒で形成されて隙間が多い透水層や多孔質の岩石層で、ここに水が蓄えられたものである。不透水層は細粒や微細粒のシルトや粘土から形成されて隙間がなく、水が浸透・貯留しにくく、非透水層は水を通さない岩盤類で形成されている。

川の源流のように地表に湧出する地下水は比較的浅い層を流れる。降雨後短期に流れ出る水もあるが、富士山麓の湧出水のように長期間かけて湧出する水もあり、名水として有名な忍野八海の湧出水は浸透してから 20~100 年経過しているといわれている。

表層地下水は雨や融雪水が地中に浸透したもので、井戸をつくって汲み出しても補充される。一方深層地下水は、非透水性の層の下にあって、汲み出した場合の水の補充速度は遅く、化石水と言われる地下水は、補充は無いかあってもごくわずかである。化石水帯水層は、氷河期に形成された氷河やくぼんだ土地に溜まって池や湖となった雨水が地殻変動により地下に閉じ込められて形成されたものと推定されていて、ほとんど地表に流出することはない。降雨の集まった河川水は雨が降らないと枯渇する。地下水の中でも表層地下水は降雨が浸透して補充されやすいが、雨で補充されなければ枯渇する。深層の地下水は地表に湧出して利用できる場合も数十年かかっているため、干ばつ発生時でも枯れにくく補充

される可能性はある。化石水は汲み出して使用すると減る一方であり、尽きると完全に枯渇する。

代表的な化石水帯水層としては、アメリカ中部のオガララ帯水層とリビア、エジプト、スーダン国境にあるヌビア帯水層が知られている。



【図 2】 オガララ帯水層

オガララ帯水層（図 2 の中央部の青色部）はアメリカ中央部，コロラド州とネブラスカ州、テキサス州にかけて広がるハイプレーンズ（グレートプレーンズとも称される）と言われる広大な農業地帯の地下にあり、主に最終氷期の化石水が含まれている。

日本の水資源は、約 3 割は梅雨と台風、積雪によるものであり（2023 年国連水会議），その利用状況は、年間の降水量約 6600 億 m^3 のうち、約 35% が蒸発散し、残りの約 4300 億 m^3 が最大限利用することができる理論上の量（水資源賦存量）である。実際には約 8 割は地下に浸透するかまたは海に流れている⁷。

水の消費

（1）水の用途

図 3 は、日本と世界の淡水の用途がまとめられた図であり、明らかに農業用水が最も多い。この図から次のような事情が浮かび上がる。

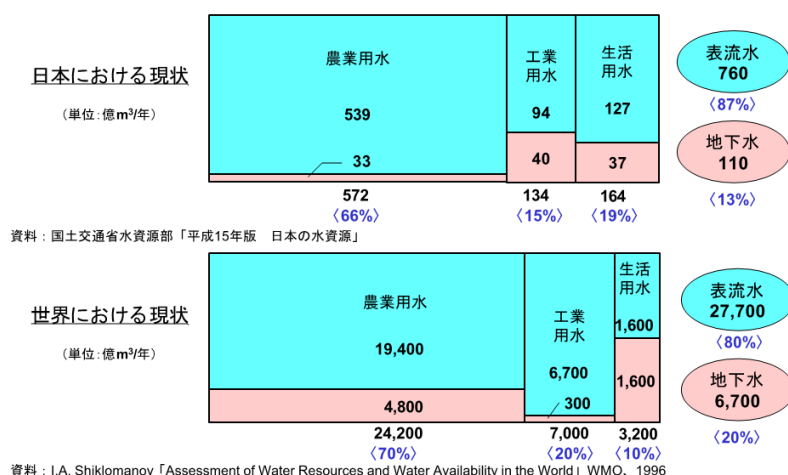
i) 表流水と地下水の比率では、日本、世界共に表流水が多いが、農業用水に占める表流水の割合は日本がかなり高い。

ii) 農業用水が日本でも世界でも 7 割ほどを占める。データは 30 年ほど前のものであるから、人口増加と肉食の増加に伴う農作物の需要の高まり、および地球温暖化による農地の水の蒸発量の増加から、農業用の水

の割合はより高まっていると考えられる。

iii) 生活用水の割合は日本がかなり高い。日常生活は日本も外国も大きな差はないと思われるので、使い方に問題があると考えられる。

iv) 一人当たりの生活用水の使用量は、1996 年頃の世界の人口は 60 億人ほどで、 $53 \text{ m}^3/\text{年}$ であるが、日本の場合は、当時の人口が約 1 億 2000 万人であるから、 $136 \text{ m}^3/\text{年}$ となり、2.6 倍多く使用していることになる。水資源の乏しい国から見れば、「浪費」といえるほど使用している。



【図 3】 水の用途と水源

(2) 生活用水

人が日々の生活における水の用途は、入浴・洗髪、食事調理・食器洗浄、洗濯、トイレなどである。

日本人の平均的な水使用量は、1 日当たり 319 L (リットル) 注) であり、食物中の水 1.0 L、飲料用は 1.5 L、風呂においてバスタブの水量は 200 L、シャワーヘッドからの水量は 1 分あたり 8 L であるから 10 分間出っ放しで使用すると 80 L、洗顔・歯磨きなどで蛇口から出しっぱなしで使用する水は、1 分あたり 12 L、30 秒止めると 6 L になる。トイレで使用する水は 1 回あたり平均 7 L である。

参考までに、使用量が少ない例として中国山西省の村の例では、1 日の水消費量は 24 L であり、日本の約 13 分の 1 である。オーストラリアも水が乏しい国であり、食事後の食器は、流し洗いをする習慣がないので、日本人が滞在した場合、流し洗いする食器洗浄やシャワー利用において日本人の水の使い方に強いストレス感じるとのことである⁸。

注) この橋本の数字を使用すると年間使用量は 116 m^3 になり、図 3 の数値と異なるが、作成者が異なるためで、大きな違いではない。

3) 工業用水

工業において使用される水は、ほとんどが冷却、洗浄である。発熱を伴う化学反応を利用する化学工業においては反応装置を水冷（大きな比熱を利用）して反応温度を制御し、鉄鋼製品生産においては高温の鋼材の圧延工程などで、ノズルから水を噴射し、その大きな蒸発熱を利用して冷却が行われる。布の染色では、昔から川の水で洗浄が行われている。

近年推進されているデジタル社会では、半導体製造の際に、冷却、洗浄に水が大量に使用される。また、データセンターに設置されるサーバーの冷却にも大量の水が消費される。巨大なデータセンターに接続して作動する人工知能も大量の水を消費することが指摘されており、チャット GPT の使用過程で直接・間接的に使用する水の量は、簡単な質問のやりとり 10~50 回毎に 0.5L と試算されている⁹。全世界的に 24 時間、個人、企業、学校などで利用されていることを考えると電力と共に膨大な消費量になる。

半導体製造に必要な水は、1 工場で 1 日当たり最低でも 20 万トン必要である¹⁰とされている。日本では、熊本県に台湾の半導体メーカー TSMC の工場が誘致されているが、阿蘇山の良質で低温の地下水を利用できることがこの地の選定理由であった¹¹。

2025 年 1 月に就任したアメリカのトランプ大統領は、温暖化否定論者であり、「掘って掘って掘りまくれ」と石油、天然ガスの採掘を推進する。アメリカの石油はシェールオイルが中心であるから、この採掘を推進せよということになる。

シェールオイル採掘に使用されるフラッキング（水圧破碎）法は、掘削坑に化学薬品を溶かした水を充填・加圧して頁岩層を破碎し、閉じ込められている石油や天然ガスを取り出す技術であり、米環境保護局によれば、1 坑あたり 11,000~15,000m³という大量の水を使用する¹²。

シェールオイル・ガスの産出地はアメリカ大陸の中央部であり、使用できるのは河川水か地下水しかなく、オガララ帯水層の水も使用されている可能性が高い。

米エネルギー省エネルギー情報局の統計によると、現在のアメリカのシェールガス掘削に使われている水は年間約 30 億トンに上り、このままのペースでシェール開発が進展すれば 2035 年に 63 万本の掘削井で「水圧破碎」が実施され、510 億トン（日本の年間水資源量 830~870 億トンの約 60%）の水資源が必要になると試算されている¹³。

繊維産業についても、環境庁の試算によると、服 1 着を製造するのに

必要な水は約 2300L であるが、人が一生に必要な服はわずか 149 着であり、大半は「使えるのに廃棄」されている¹⁴。

以上のように、鉱工業は大量の水を消費し、使用後の水は汚染されて使用できないので、経済成長を志向すると水の消費量は増加一方になる。

(4) 水道水

近年、日本においては家庭で井戸水が生活用水として使用されることはほとんどなく、河川やダム湖の水を浄化して供給される水道水が使用されている。使用する水源により多少違いはあるが水道水は次のような工程を通じてつくられる。

水源からの水の取り込み⇒不純物のフロック化⇒フロックの沈殿・除去⇒浄水処理（オゾンや塩素を使用した殺菌処理）⇒貯水・配水

水道水の製造、配水などの水道事業を行う浄水場、配水管、浄化設備、用地は、日本では地方自治体が負担している。設備や配水管は必ず経年劣化して更新する必要がある、事業運営、設備更新の費用は年々増加しているため、日本の 96% の水道事業は、2046 年には平均 48% の料金の値上げが必要とされている¹⁵。また全国の水道管の約 2 割、17.6 万 km が法定耐用年数の 40 年を超えて老朽化が深刻で、老朽化率が 50% や 60% を超える自治体もあるが、更新率は年間わずか約 0.65% である¹⁶。

人口減少、地方の過疎化や住民の高齢化の進行、維持費用の増加による自治体の負担軽減の方法として水道事業の民営化も選択肢である。浄水場や各家庭への水道配水管は一つしかないので、民営化すると価格・サービスの競争のない独占状態になる。このため、「命にかかわる水を営利の対象にすべきではない」という批判もある。現在、水道事業を行う企業は世界でフランスのヴェオリア 1 社が独占しており¹⁷、イギリスでは 100%、フランスで 80%、アメリカで 35% が水道を民営化している⁸。

水道については、配水管からの漏水防止が重要である。東南アジアでは漏水率 30~40% であるのに対して、日本では全国平均 7% 以下、東京都は 3% 以下で極めて優秀である¹⁸。

水不足の進行

21 世紀最大の懸念は世界的な水不足であると予測されていて、淡水資源は 2030 年までに必要量の 40% まで不足すると推計されている¹⁹。地球上の水の総量はほぼ増減なしと考えられるから、人類にとっての水不足というのは、「利用できる淡水」の減少に他ならず、それは、使用量の増加と淡水量の減少が原因である。淡水の使用量増加の原因は、人口増加

と経済成長に伴う産業での使用量増加であり、淡水量の減少は地下水の減少と水資源の汚染が原因である。

(1) 人口の増加による使用量増加

世界の人口は 80 億人を突破し、さらに増加して 2100 年には 100 億人になると予測されており、人命は水と食料で維持されているのであるから、人口が増加すれば食料消費が増加するのはごく当然のことであり、食料増産のため、生活水準の維持・向上のために水需要は増加する。日本やいくつかの先進国では人口増加はピークを超えて減少し始めているが、世界、特にアフリカでは増加している。

日本の生活用水使用量は、1965 年(169 億 m^3)から 1990 年(318 億 m^3)にかけて増加してピークとなり、2000 年頃までほぼ変わらず(322 m^3)、以後、徐々に減少(280~286 億 m^3)している²⁰。農業用水も、人口減少、農家の減少などがあり、同様な傾向であると推測される。

これに対して世界の水の消費量(図 4)は、1900 年以降、人口増加とともに増加し、特に 2000 年以降、増加が加速している。このデータから計算すると一人当たりの取水量は、1990 年は $1382/25.4=54.4$ 、2000 年は $3973/61.2=64.9$ 、2025 年(予測)は $5235/80.1=65.3$ (単位： km^3/l 億人)となり、一人当たりの水消費量も増加している。今後、世界の水需要も大幅に増加し、伸び率を 37%とする予測もある²⁰。



【図 4】 世界の水消費

人口増加による食料需要増加に対応するには農地も多く必要になり、農地を拡大するための森林伐採も進む。森林は水の涵養機能があり、農

地化によりその機能は失われる一方、農業用水は増加するので水の枯渇が進む。人口が増加すれば都市が拡大する。都市が拡大すると緑地の建物、道路への転換が進み、道路舗装、都市のコンクリート化によって雨水は蓄えられることもなく地下への浸透もなく海に流れる。その結果、利用可能な水は 1 兆 8000 億 m^3 喪失すると推定されている²¹。

(2) 経済成長による使用量増加

今の世界は資本主義のもとで動いており、とりわけ現在主流の新自由主義においては経済成長が絶対条件である。国内総生産（GDP）は経済成長の指標とされているが、その GDP の産業別内訳をみると製造業が約 20%、宿泊業、医療、飲食業、IT などのサービス業が約 32% であり、いずれも水の消費なしでは成立しない産業であるから、経済成長すれば必然的に水の消費が増加する。

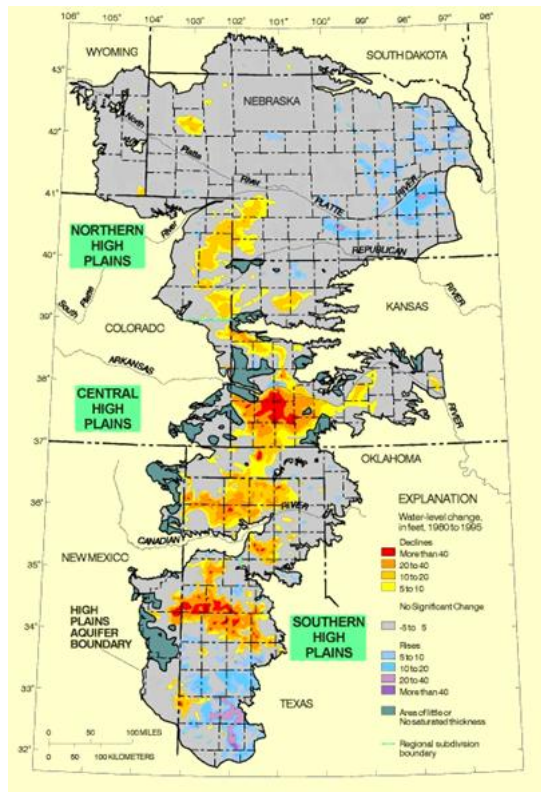
(3) 地下水の減少

世界 1,693 カ所の帯水層系について入手可能なデータを精査した結果によれば、36% で年に 0.1m、12% で年間 0.5m で地下水位が低下し、21 世紀に入って 30% で枯渇が加速していることが報告されている²²。

地下水の減少が問題化している国としては、中国、アメリカ、メキシコ、チリ、サウジアラビア、イラン、アフガニスタン、タイ、南アフリカなどがある。

アメリカのオガララ帯水層から汲み上げた水の用途は、農業用灌漑と石油・石炭採掘であり、米国における地下水の累計枯渇は 1940 年代後半に加速し、20 世紀末までほぼ直線的速度で続いた。この帯水層の上に位置するハイプレーンズ全体で年間 5000 万トンの穀物が生産されているが、この生産の水の 90% はオガララ帯水層からの灌漑に依存している²³。

オガララ帯水層のより乾燥した部分の年間の涵養量（地下水補充量）は、年間取水量の 10% 程度と推定されていて 2001 年から 2008 年までの枯渇量は 20 世紀全体の累計枯渇量の約 32% である²⁴。図 5 は 1980 年から 1996 年のオガララ帯水層の水位変化を示した図であり、黄色から赤色の部分が特に枯渇が進み（灰色部は水位変化なし、青色は Rises で増加している。単位：feet）、2050～2070 年にかけて枯渇する可能性があるとして推定されていて、アメリカの穀物生産もピークを過ぎて危機に向かって進んでいる²⁵。



【図 5】 オガララ帯水層の水位変化
(USGS ネブラスカ水科学センター)

化石水帯水層が枯渇した代表例はサウジアラビアであり、1970 年からサウジは化石水帯水層の水を利用した灌漑農業で小麦を生産し、一時は自給率 100%を超え、輸出するほどであったが、2016 年には 80%を消費し、2020 年には化石水が枯渇すると予測された結果小麦の生産は終了した²⁶。アメリカはサウジのあとを追っているようにも見える。

(4) 温暖化の影響

IPCC の報告に示されているように、地球全体の温暖化が急速に進行し、その影響は水資源に大きく影響して豪雨、干ばつの増加、氷河の融解加速が起こっている。この 20 年 (2004~2024) とその前の 20 年 (1983~2003) を比較すると、干ばつは 1.29 倍、洪水は 2.34 倍増加している。気温上昇により降雨パターンが変化し、「無降水日」(1 日雨量が 1 ミリ未満)、豪雨災害がともに増加していることも公表されていて²⁷、ここ数年、頻繁に報道されているように、日本や世界各地で洪水や干ばつの被害が多発している。

A. 豪雨の増加

温暖化が進行すると海と陸地からの水の蒸発量が増加して豪雨となって地表に戻るという水循環の加速が起こり、温暖化により既に 2 倍に加速している²⁸。大量の雨が降っても、雨水が地中に浸透する速度は水が川を流れる速度よりも遅いので、帯水層の補充量は増えないし、貯水量に限度がある帯水層に飽和状態を超えて雨水が浸透すると山の斜面で表層崩壊や深層崩壊を起こして土砂災害が発生する。ダムも貯水量の限度を超えると放水しなければならず、河川からの水使用のための取水も限度がある。雨は水の供給としては、降らないよりは降った方がいいのだが、過剰な場合には洪水が発生して作物の水没や家屋の損壊・流失、人的被害も発生する。

B. 干ばつ増加（乾燥地域増加）

気温の上昇により大気中の飽和水蒸気量が増加し、蒸発熱も供給されるので、温暖化が進行すると水の蒸発速度は増加し、農地、河川、湖水、森林から水が多く蒸発し、降雨がなければ干ばつが発生する。残念ながら、蒸発した水分が元の地域に雨として降ることはない。

C. 氷河の融解

氷河は融解して川となって流れ、下流で水源となる。氷河の存在する地域はアルプス山系、ヒマラヤ山系、グリーンランド、南米アンデス山系など寒冷であり、氷の融解熱が大きいので、暖かい空気による融解はゆっくりと進行し、継続的に下流に水を供給する。しかし、温暖化により氷河を形成する氷の融解が速くなり、水量が増加するとともに氷河自体が縮小している。雨が降らなくても氷河があれば、その融解水が下流に供給されるので水源は確保されるが、氷河が縮小し、消失すると水源は細り、最終的には枯渇する。

氷河には氷が融解した水が氷河の氷でせき止められた氷河湖が形成されることがある。蓄えられた水が川となるか地中に浸透して地下水となれば利用できるが、温暖化の進行で氷河の融解が早くなって貯水量が増え、さらにせき止めていた氷が融解して氷河湖決壊洪水となって下流を襲うことになれば、もはや水源として利用するどころの話ではなくなる。ネパールでは、1964 年以来、3 年に 1 度以上の頻度で氷河湖決壊洪水が発生している²⁹し、最近の例では、2025 年 5 月末にスイス南部で発生している。

D. 積雪の減少

冬に降り積もった雪は、春になると徐々に溶け出して雨水と同様に川に流れ、地下に浸透するが、温暖化により、冬季の積雪が減少する地域が生じる一方で局地的な豪雪となる地域も発生している。雪も氷河と同

様に、溶けて水になるまでに時間がかかるので貯水機能がある水と言えるが、温暖化により、日本では特に日本海側で積雪が減少している³⁰。

(5) 水の汚染

塩分が除かれたほぼ純粋な水といえる雨や雪は、降り注いだ直後から地上に存在する物質による汚染が始まる。上流の山岳部での汚染源は植物や動物の死骸やその分解物、動物の糞尿であるが、多量ではなく、昆虫や好気性バクテリアで分解されるので問題にはならない。下流の集落や都市を流れる河川の水や地下水は、農業廃水、生活廃水などが混入して汚染されやすく、大都市、工場地帯の廃水混入による汚染は著しい。

人口が増加し、農業が発達して川の上流で農地が開拓され、農薬や化学肥料が大量使用されるようになってからは、余剰の化学肥料や農薬が、また鉱工業が発達して以降は、水源となる山間部において鉱山開発、工場建設、廃棄物の不法投棄がされ、これらの場所からヒ素や鉛、水銀などの重金属、PFAS、有機塩素化合物（トリハロメタンなど）という有害物質が混入する。過去には、足尾銅山鉱毒事件などの公害発生の事例もある。

金属鉱山では、採掘時に目的の鉱石以外に不要な鉱滓が大量に発生し、鉱滓には有害成分が含まれていることが多い。このため日本では、鉱滓は産業廃棄物として河川や地下水を汚染しないように処理することが法定されているが、経済成長を優先する途上国では汚染防止は不十分になりがちであり、もともと少ない貴重な水源が汚染されている。

特に電気自動車やデジタル化の普及で必要とされているレアアースは、鉱石中の含有率が低くて鉱滓が99%を超え、しかもトリウム232やウラン同位体などの放射性成分を含んでいるので、廃棄された鉱滓が水を汚染すると重大な問題となる。また精錬工程は原鉱石中のレアアース成分を酸（硫酸）またはアルカリに溶かして水溶液とし、これを有機溶媒で抽出する工程があり、この一連の工程で大量の水が使用され、廃棄水による地表水、地下水の汚染も懸念される。

近年はマイクロプラスチックによる汚染も懸念が広がっている。アメリカでの調査結果（コロンビア大チーム）では、主要3ブランドのペットボトル飲料水から、平均24万個/L（ナノプラスチック90%、マイクロプラスチック10%）検出されている³¹。マイクロプラスチックによる人体への影響はまだ因果関係が確認されてはいないが、心筋梗塞や脳卒中の原因とも懸念されている³²。

地下水については、井戸から汲み出して使用した後の廃水は、浄化処

理されず使用地付近に廃棄され、廃水池も地下への浸透防止がされるわけでもない。そのため、肥料・農薬を含んだ水、汚染物質を含んだまま排出された工業廃水やシェール廃水が、いずれも汲み出した地下に浸透することになり、清浄である帯水層の水が汚染される。

温暖化による水への影響として、海面上昇による低地の地下水への海水混入（地下水塩水化）も発生し、生活用水や農業用水への使用ができなくなっている地域も発生している。

世界の水争い

人口増加とこれに伴う食料増産要請，途上国の先進国並みの生活水準の要求，経済成長のための鉱工業生産増加とエネルギー需要への対応などいずれによっても水の需要は増加する。一方で地下水の減少，水資源の汚染，温暖化による干ばつや氷河の縮小は，水資源を急速に枯渇させる方向に進んでいる。

米シンクタンクのパシフィック・インスティテュートによれば，水不足により世界各地で誘起された水関連の紛争や暴力事件は，09年から19年の10年間に世界で約490件発生している³³。

世界の水資源の約80%は河川の水を主とする表流水である（図3）が，ユーラシア大陸，北米大陸，南米大陸，アフリカ大陸では，川は複数の国や地域を流れており，各国，地域が取水利用している。水の利用には運河やダムを建設することが多く，ダム建設により下流での取水量に影響が及ぶため，国家間の争いが起こるのは当然の帰結である。現在，水を巡る国家間，地域間の紛争を抱えているところは図6に示したように多く存在し，以下の河川では特に強い対立が発生している。



【図 6】世界各地の水紛争の例（環境白書 2010 年（平成 22 年））

〈メコン川〉

チベット高原に源流を発し、中国（雲南省）—ミャンマー・ラオス国境—タイ・ラオス国境—カンボジア、ベトナム流れて南シナ海に注ぐ。中国は広大な国土を有するが、その 27% 以上、約 250 万 km² が砂漠であり、国内で水を自由に利用できる主要河川は、長江（上流で漢江が合流）、黄河と少し小さな西江であり、メコン川は下流の複数国と利害が対立する。

〈ブラマプトラ川〉

中国チベット高原に源流—インド（アルナーチャル・プラデーシュ州、アッサム州）—バングラデシュに流れガンジス川に合流する。2025 年、中国はチベットのヤルンツァンポ川（ブラマプトラ川上流）に巨大ダム建設を計画し、工事を開始している^{3 4}。

〈ナイル川〉

ビクトリア湖起点—スーダン（白ナイル）・エチオピア（青ナイル）合流—エジプトから地中海に注ぐ。エチオピアが巨大ダムを建設し、貯水を開始すると通達したことで下流のエジプトが強い懸念を表明している。

〈ヨルダン川〉

シリア・レバノンの国境の山脈に源流を発し、ゴラン高原、シリア・

ヨルダン国境，パレスチナ西岸から死海に注ぐ。この地域はイスラエル，パレスチナ，ヨルダン，シリアが乏しい水源を巡って衝突している有数の水の紛争地帯である。帯水層は 4 か所あり，3 か所はパレスチナ人の土地，西岸地区で残り 1 か所はイスラエルの海岸部にある。イスラエルは 1964 年 6 月の 6 日間戦争で勝利してヨルダン川西岸の帯水層を入手したので，大量に取水可能となり，住民一人当たり 350 L/日の水を消費している。これに対して，パレスチナのガザ地区の住民 140 万人はガザ地区の帯水層しか利用できず，急速に減少した結果，住民一人当たり 50～70 L/日，少ない場合は 20 L/日以下の水しか利用できず，最近では地中海の海水が流入し，飲用にはボトル水を購入しなければならない状況である⁸。

水不足にどう対応するか

人や生物が利用可能な水の減少にどう対応するかは，技術的対策も含めて準備しておく必要がある。

(1) 節水

不足すれば使用を節約するというのが常識というものである。水道水は前述のように水源から取水して作られるもので，水源の水が減少，枯渇すれば供給量が減少するから，使用を節約すれば水源枯渇は先延ばしできる。日本は浪費に近い状況であるから，節水の余地は大きい。

(2) 雨水貯留

雨水の貯水利用は古くからため池などよく知られている方法であり，個人の住宅の一部でも利用されている。家屋が密集している都市部では，貯留槽の設置スペースの確保が難しいし，自治体レベルでの実施にも住民数に応じた大きさの貯水空間が必要であるが，都市は地価が高く，取得が難しい。貯めた水も蚊などの昆虫の侵入，ごみの混入，藻の繁殖防止などの対策，メンテナンスが必要である。日本でも雨水貯留浸透施設は知られているが，洪水対策に一時貯留し，貯めた水は徐々に川に流すか地中浸透させるだけで水を積極的に利用する考えはないようである。

(3) 点滴灌漑

農業用水の節減については点滴灌漑が一部で実用化されている。点滴灌漑方式による灌漑試験の結果については，灌漑効果を維持しつつ，標準的な灌漑水量に対して 25% 節減が可能であることが明らかとされている^{3 5}。ただ，農地に配水管，給水装置を設置する初期費用が必要で張り巡らされた配水管により農機使用が難しいなどの課題はある。

(4) 海水の淡水化

海水から塩分を除去して淡水を得る技術で、塩分除去には逆浸透（RO: reverse osmosis）膜を使用する。RO 膜は、塩分であるナトリウムイオンと塩素イオンは透過しないが、水は透過する微細な空孔がある樹脂膜で、膜の片面側に海水を高圧で接触させると低圧の反対面側から淡水が得られる。

RO 膜およびこれを使用した海水淡水化装置は、日東電工、東レ、東洋紡など日本企業が多く、世界でのシェアは約 70%である。サウジアラビア、イスラエル、UAE などが使用して国民に水を供給している。

海水淡水化の問題は、装置を含む初期費用が高いこと、エネルギー消費が大きいことのほか、高塩分排水をどう処理するかということにある。RO 海水淡水化の造水量当りの電力消費は、 3.7 kWh/m^3 であり、エネルギー回収装置を付与することで $2.5 \sim 3 \text{ kWh/m}^3$ まで減らせるが、エネルギー消費が大きいことに変わりはない³⁶。サウジアラビアや UAE は水が少なく、石油が豊富な国なのでエネルギー面の負担は問題がない。サウジアラビアでは 2010 年に国内水需要量の 50% 相当の 11 億 m^3 を供給した実績があり、今後倍増を目指している³⁷。

ただし、高塩分排水である廃ブライン（ほぼ飽和食塩水）処理は、生態系に影響する環境問題であり、実際に海水淡水化実施のアラビア湾岸では因果関係の証明はされていないが、養殖真珠育成不良、漁獲高減という問題が起こっている⁸。

（5）生活排水完全再利用技術

風呂水やシャワーなどの生活排水を浄水化する技術も開発されており、オゾンにより排水中のバクテリアやウイルスを破壊し、次いで粒状活性炭を詰めたフィルターによる有機物の除去、微細なろ過膜を通して残りの固形物や微生物除去した後、さらに紫外線照射により微生物やその他の微量汚染物質を残らず除去して再利用可能な水とする³⁸。

この技術では、新たな水源は不要ではあるが、オゾン発生装置や紫外線照射装置などを備えた設備と運転するためのエネルギーが必要であり、水不足を解消する技術とするには無理がある。

（6）大気中の水蒸気凝縮法

大気中の飽和水蒸気量は、気温 30°C では 30g/m^3 である。湿度が 60% とすると空気 1m^3 中に 18g の水があることになるから、 1000m^3 の空気から水を全部取りだすと 18L の水が得られる計算になる。浄化処理は必要ではあるが、生活排水処理よりは簡単であり、エネルギーは消費するし空気の捕集と冷却する設備は必要であるから、高コストの水になるが、飲料水の確保程度には使える。実際にスリランカが装置を購入したとの

情報がある³⁹。

まとめ

水の不足は、温暖化と共にいま人類が直面している重大な問題の一つであるが、残念ながら日本人として気付いている人はほとんどいないようである。しかし、一旦水不足が表面化すると食料供給、工業生産、日常生活に一気に及ぶことになり、大きな社会的混乱、騒乱を引き起こす可能性がある。

人類はいったいどこで道を間違えて自らを追い詰めるような事態になったのだろうか？

私見であるが、道を間違えたのではなく、人類の持つ動物的本質がそうさせたのだと思う。もし人類が破局を回避したいのであれば、人類として獲得した知能、知恵を使用して本来の動物的本質を抑制するしかないのではないか。

人類は、火の利用能力を獲得し、次いで農耕を開始した。動物は子孫を残すことがDNAにプログラムされている⁴⁰ので、人類も例外ではなく、食料供給の増加と共に人口は増加した。

そして科学技術の進歩が決定的となり、それまで自然の脅威に対抗する術を持たず、謙虚な態度であった人類は、産業革命でエネルギー転換（蒸気機関は初めて熱エネルギーを機械的エネルギーに変換した）に成功し、医療の進歩と相まって人口が急増するにつれて次第に自然に対する謙虚さを失い、動物的本質としての際限なき欲望を開放してしまった。

人類に誤りがあったとすれば、人類の欲望は限りなく膨張・拡大するのに対して、地球は1個しかなく、しかも有限であり、そこでしか生きられないのだと認識しなかったことではないだろうか。

水不足の原因はすべて人類にあり、そのような社会にした人類が自ら責任を負うしかない。人類が生存できるのは半径 6400km の地球の地上から標高 4km ほどの海を除いた陸地だけであり、太陽光の恵みによる 20℃ を中心とする気温、清浄な水、酸素濃度 21% の大気のおかげである。その生存環境を破壊しているのは自らであることを人は自覚すべきであると思う。

今の状況維持、またはさらなる経済成長を目指せば、温暖化は進行し、環境汚染も悪化し、そして水は足らなくなる。そうなれば、早晚、食料と水、居住地をめぐる過酷な争いが起こるのは目に見えている。

「人類は、過度に贅沢な生活をやめて、ほどほどの「足るを知る」生活に切り替える時期に来ている。…みんなが希望（食べたい、着たい）を

主張すればすぐに世界は行き詰る」⁸。これは、縮小社会を意味していると思われる。

平坦な道ではなく、いまの社会ですぐに受け入れられるとは思えないが、過酷な争いなく着地（ソフトランディング）するには、もはやそれ以外の選択肢はないだろう。

引用文献

- 1) 日経ビジネス電子版, 21 年 11 月 11 日
- 2) 国土交通省「水資源」
- 3) 竹内 孝仁 (医学博士), 現代ビジネス, 2020 年 8 月 14 日
- 4) メディカルエンジン, (<https://medical-engine.com/byoumei/heatstroke-body-temperature/>)
- 5) 米ペンシルベニア州立大学, Applied Physiology, (<https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/japplphysiol.00738.2021>)
- 6) 日本生気象学会, 「日常生活における熱中症予防指針」 Vol.3
- 7) 国土交通省「日本の水資源の現況について」
- 8) 橋本淳司「世界が水を奪い合う日・日本が水を奪われる日」PHP 研究所, 2009 年 7 月 17 日
- 9) 毎日新聞電子版, 24 年 3 月 28 日
- 10) 三菱ケミカル アクアソリューションズ社ホームページ
- 11) 朝日新聞, 24 年 2 月 18 日
- 12) 伊原賢, JOGMEC
- 13) 水ビジネス・ジャーナル, 18 年 8 月 15 日
- 14) 日経電子版, 24 年 8 月 17 日
- 15) NHK ニュース 19 時, 24 年 4 月 24 日
- 16) ジチタイワークス WEB, 25 年 6 月 26 日
- 17) Yahoo News, 21 年 5 月 17 日
- 18) エコノミストオンライン, 21 年 7 月 19 日 国土交通省「水資源の利用状況」
- 19) 国際連合広報センター, 「[水の国際行動の 10 年 – 2018-2028 世界的な水危機を回避するために](#)」
- 20) 国土交通省「水資源の利用状況」
- 21) モード・バーロウ, トニー・クラーク「「水」戦争の世紀」集英社新書, 2003 年 11 月 19 日
- 22) Nature, 2024 年 1 月 25 日

- 23) 東京大大学院「地下水資源から占う穀物生産の未来」
(https://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/topics_20201027-1.html)
- 24) ナショナルジオグラフィックニュース, 16 年 12 月 28 日
- 25) 米国地質調査所 (USGS) ネブラスカ水科学センター「高地水位モニタリング研究」2013 年
- 26) アニマルライツ公式サイト, 16 年 4 月 18 日
- 27) 国連防災機関 (UNDRR) 報告
- 28) ガイア・ヴィンス「気候崩壊後の人類大移動」河出書房新社, 2023 年 8 月 30 日
- 29) 北海道の雪氷, No. 21(2002)
- 30) 気象庁「日本の気候変動 2025」
- 31) CNN ニュース, 24 年 1 月 10 日
- 32) 医学誌「The New England Journal of Medicine」: ナショナルジオグラフィックニュース, 24 年 4 月 16 日)
- 33) 日経電子版, 21 年 10 月 4 日
- 34) JB Press, 25 年 1 月 9 日
- 35) 東京農業大環境地水学研究室,
(<https://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/jsidre/search/PDFs//10/10005-05.pdf>)
- 36) 膜 (MEMBRANE), Vol. 31 (1), p26-27 (2006)
- 37) Arab News, 22 年 9 月 12 日
- 38) WIRED, 22 年 1 月 18 日
- 39) Advanced Tech.X, 25 年 3 月 12 日
- 40) リチャード・ドーキンス「利己的な遺伝子」紀伊国屋書店, 2018 年 2 月 26 日

参考文献

- ・ スティーブン・ソロモン「水が世界を支配する」集英社, 2011 年 7 月 31 日
- ・ 環境省「環境・循環型社会・生物多様性白書」第 4 章 水の星地球

温暖化と化石燃料と縮小社会

松久 寛

はじめに

記録破りの高温が続いている。海水温が上昇すると海水の蒸発が増え、雨量も増加する。ただし、均等に雨が降るのではなく、豪雨と乾燥が偏在する。高温対策としては冷房するしかないが、それではますますヒートアイランド現象の増進と大気中の二酸化炭素(CO₂)の増加が加速される。ICPP(気候変動に関する政府間パネル)は温暖化の原因は二酸化炭素の増加であり、その発生源である化石燃料の使用を早急に止めるべきだといっている。しかし、二酸化炭素は増加し続けている。発展途上国が先進国並みの生活を求めるのを止めることはできないし、先進国も削減の努力はしているが今の便利さを放棄するまでにはなっていない。逆に、アメリカのトランプ大統領は二酸化炭素の削減を否定し、化石燃料を「Dig, baby, dig (掘って掘って掘りまくれ)」と言っている。

二酸化炭素の温暖化原因説を否定する人は、徐々に少なくなっているが、かなりいる。この論拠は、地球の温度は太陽から受ける熱に拠るが、地球の歴史においてもっと高温の時期もあったし、二酸化炭素濃度と温暖化の関係は科学的に証明されていないとの理由である。たしかに、実験室で二酸化炭素の入った容器と入っていない容器に赤外線を通して、その差は小さすぎて見分けられない。しかし、地表と大気上端の赤外線の成分を見ると二酸化炭素の固有振動数に対応する赤外線が大きく吸収されている。よって、本報では化石燃料の燃焼、二酸化炭素濃度、気温の上昇、さらに温暖化対策と縮小社会について論じる。

1. 地球の熱収支

太陽から紫外線、可視光、赤外線などが地球に降り注ぐ。また、地球からは宇宙に赤外線として熱を放出する。産業革命前は、入ってくる熱量と出ていく熱量は均衡を保っていたので地球の温度は一定に保たれていた。熱の出入りの概略を図1に示す。太陽から放射された熱の一部は大気で吸収され、残りは地表に降り注ぐ。地表からも赤外線として熱が放射され、その一部が大気に吸収され、残りは宇宙に放出される。大気は太陽と地表から熱を受け、地表と宇宙に放出する。大気がなければ地表の温度は-19度になるが、現在の温度は15度である。すなわち、大気の温室効果は34度である。

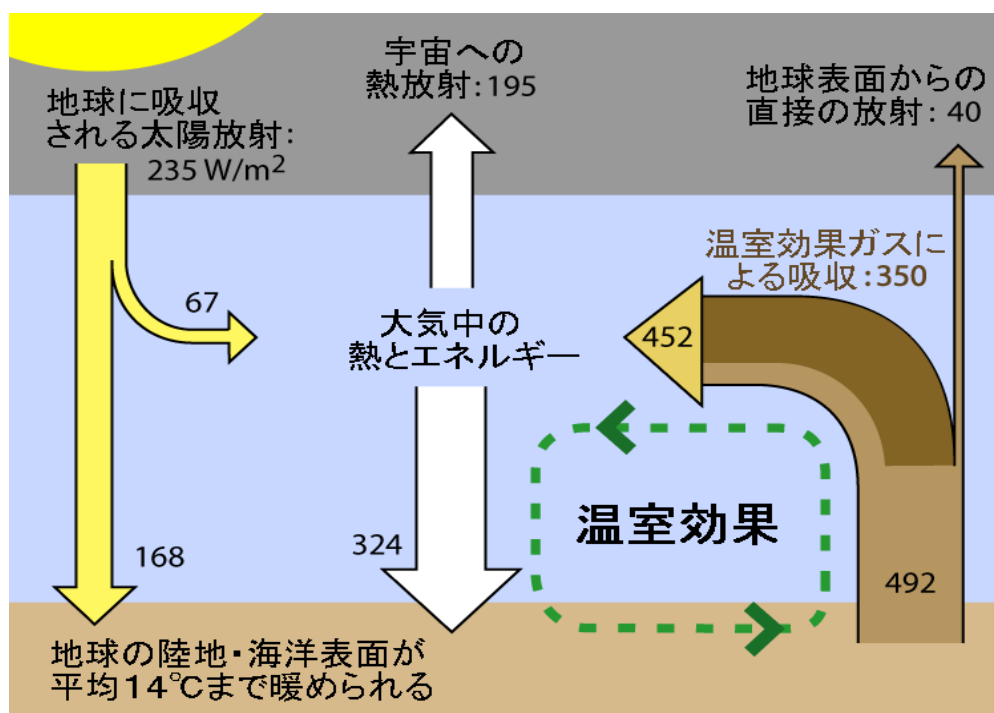


図 1. 地球の熱収支

(出典: Wikipedia (<https://ja.wikipedia.org/wiki/温室効果>))

大気は窒素ガス (N_2)、酸素ガス (O_2)、水蒸気と雲 (H_2O)、二酸化炭素 (CO_2)、などの分子で構成されている。分子はその固有振動数に近い光を吸収する。地表から放出されるのは赤外線であり、水蒸気や二酸化炭素の固有振動数に近い。よって主な温室効果ガスは水蒸気と二酸化炭素になる。メタン (CH_4) の温室効果は二酸化炭素の 25 倍と大きいですが、これについては後述する。なお、窒素ガスや酸素ガスは 2 原子からなる分子であり、その固有振動数は赤外線領域よりも高いので、温室効果は小さい。地表と大気上端での熱線のスペクトルの計測結果と各物質の寄与率を表したのが図 2 である。この図では振動数の代わりに波長で表しているが、「振動数 $\times$ 波長 = 光速 (一定)」という関係があるので、どちらで表しても関係性は変わらない。赤外線の波長は $2.5 \mu\text{m} - 25 \mu\text{m}$ であり、この図でも地表からの放射されるのはほとんどが赤外線であることが読み取れる。

図 2 の青線は地表のスペクトルで、赤線が大気上端のスペクトルであり、両線の差が大気に吸収された熱である。 $16 \mu\text{m}$ あたりの赤線が落ち込んでいるのが二酸化炭素による吸収である。水蒸気は赤外線領域を幅広く吸収している。各分子による吸収寄与率は水蒸気が 48%、二酸化炭素が 21%、雲 (小さい水の粒の集まり) 19%、オゾン 6%、その他 5%で

ある。水蒸気の寄与が一番大きい、水蒸気は雨になり地上に戻る、単調に増加するわけではない。しかし、二酸化炭素は植物や海水の吸収があるが、その量を超える二酸化炭素は大気中に留まるので、単調に増加してきた。

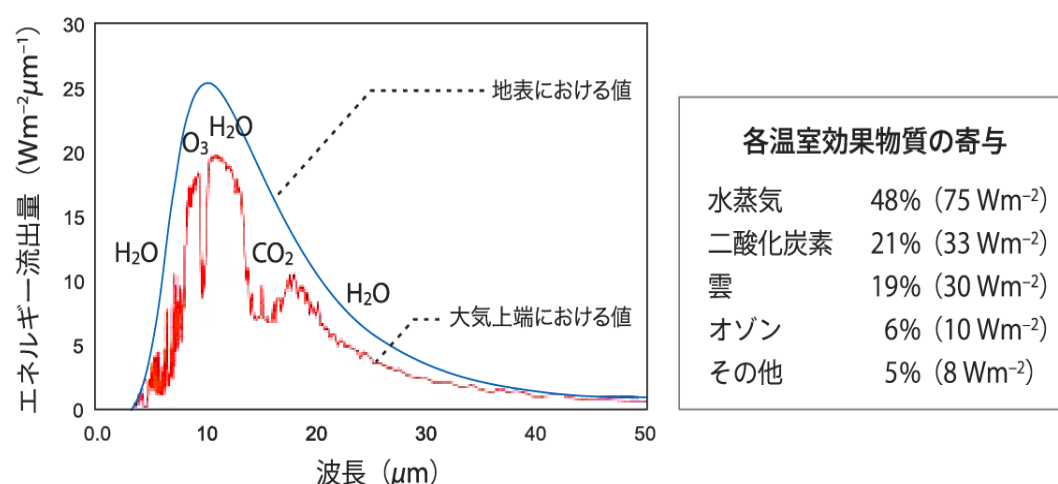


図 2 地表および大気上端における赤外線スペクトル

(単位波長・面積・時間あたりの上向きのエネルギー流出量)

出典：横畠徳太 地球環境研究センター 温暖化リスク評価研究室（現気候変動リスク評価研究室）

青線が地表から逃げる熱エネルギー、赤線が大気上端から逃げる熱エネルギーを示す。大気による温室効果（赤外線の吸収など）があるために、青線と赤線に差が生じている。図中の H_2O 、 CO_2 、 O_3 は、それらの分子による赤外線吸収が起こる波長領域を示す。右側の数字は、晴天時（雲がない場合）での温室効果ガスの寄与と、雲の寄与を示す。左側の図、右側の寄与率とも、年間全地球平均の値を示し、観測に基づく地表温度・大気温度・大気組成の全球分布をもとに、放射伝達過程を計算した結果。

原典：Kiehl, J. T., & Trenberth, K. E. (1997). Earth 's Annual Global Mean Energy Budget. Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 197-208. © American Meteorological Society. Used with permission.

https://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/11/11-2/qa_11-2-j.html

2. 大気中の二酸化炭素量と気温上昇

大気中の二酸化炭素の濃度は、産業革命前の 280ppm から 2023 年には 420ppm と 140ppm 増加している。すなわち、現在の二酸化炭素のうち 33% は産業革命後の化石燃料の燃焼によるものである。ここで、二酸化炭素の温室効果寄与率を 21% とすると、-19 度から 15 度への 34 度の上昇のうち、7.1 度は二酸化炭素が原因と考えられる。7.1 度の 33% は 2.4 度であり、産業革命後の二酸化炭素の増加によって、2.4 度上昇したはずである。

しかし、図 3 に示すように実際には産業革命前に比べると 2024 年は約 1.6 度の上昇である。この差の 0.8 度は、二酸化炭素の寄与率が 21% より低い、熱の海水や陸地での吸収などが原因であろう。なお、北極圏などでの氷の溶解による太陽光反射の減少や凍土の溶解による二酸化炭素やメタンの放出などの二次効果で上がり続ける可能性が高い。

メタン (CH_4) の温室効果は二酸化炭素の 25 倍で、1750 年の 0.729ppm から 2021 年の 1.908ppm に増加した (注 1)。メタンの増加量 1.179ppm の 25 倍は 29.4ppm になり、二酸化炭素の増加量 140ppm の 21% となる。よって、気温上昇の 2 割ぐらいはメタンによる可能性がある。メタンの自然発生源は湿地や白アリ等、人為発生源は水田、家畜 (牛、羊等の反すう動物)、埋め立て、化石燃料採掘・燃焼等がある。

注 1：気象庁

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2022/pdf/ccmr2022_news4.pdf

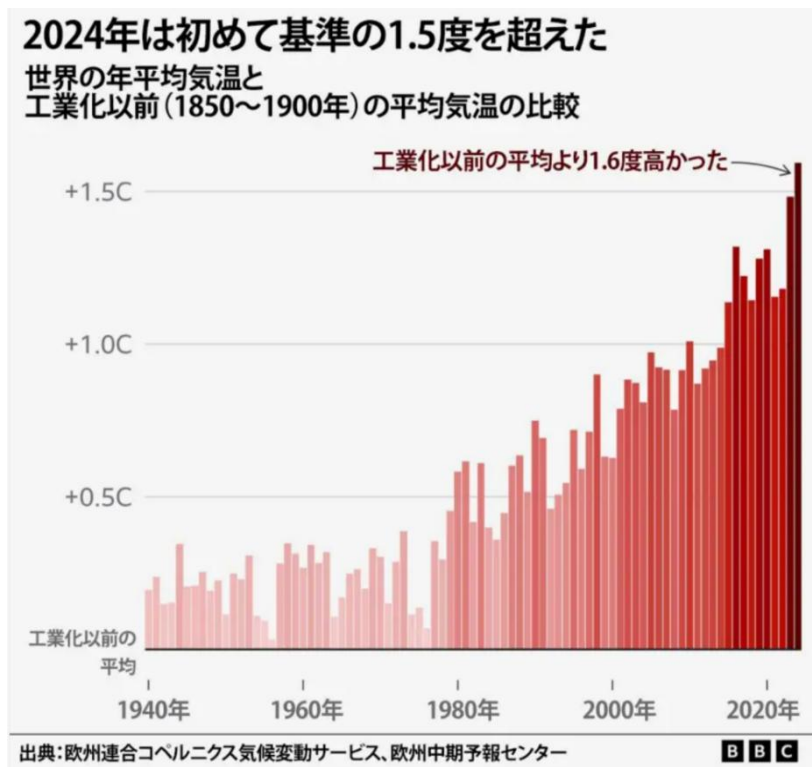


図3 産業革命後の気温の変化

出典: BBC NEWS JAPAN

<https://www.bbc.com/japanese/articles/cwyw3gp3y49o>

産業革命後に、化石燃料の燃焼などによって排出された二酸化炭素の排出源および地域別の推移を図4（1）および（2）に示す。同図は2013年および2010年までであるが、その後は先進国の削減があるが、発展途上国の増加によって、ほぼ同水準にあるとする。図4（1）より、1850年より2024年までに排出された二酸化炭素は17,600億トンであると推定される（計算法は図中に記入）。一方、大気中の二酸化炭素量は現在の420ppmでは32,500億トンで、産業革命前の280ppmでは21,700億トンになる。その差の10,800億トンが産業革命後に排出された二酸化炭素に由来する。17,600億トンと10,800億トンとの差の6,800億トン（39％）は海や陸に吸収された。図4（2）では産業革命後に排出された二酸化炭素は22,400億トンとなり、10,800億トンとの差の11,600億トン（52％）が海や陸に吸収されたことになる。なお、海と陸の吸収量に関しては諸説あるが、ほぼ同程度か海が少し大きいと考えてよいであろう。植物に吸収された二酸化炭素は、植物の燃焼や腐食によって大気中に排出されるので、一時的な保存であり、石炭のように土の中に固定されるのとは異なる。なお、図4（1）では、2013年の排出源の42％は石炭である。石炭が諸悪の根源であり、天然ガスはクリーンであるかのようにいわれている。しかし、熱量当たりの二酸化炭素放出量は石炭を1とすると、天然ガスは0.5であり、石油はその中間である。これは、石炭も天然ガスも石油も炭素と水素からできており、その割合が異なり、天然ガスは炭素の割合が少ないからである。よって、天然ガスがクリーンなわけではない。なお、化石燃料の燃焼とは、その成分である炭素（C）と水素（H）が空気中の酸素（O）と結合し、二酸化炭素（CO₂）と水（H₂O）になり、その際に熱を放出する。

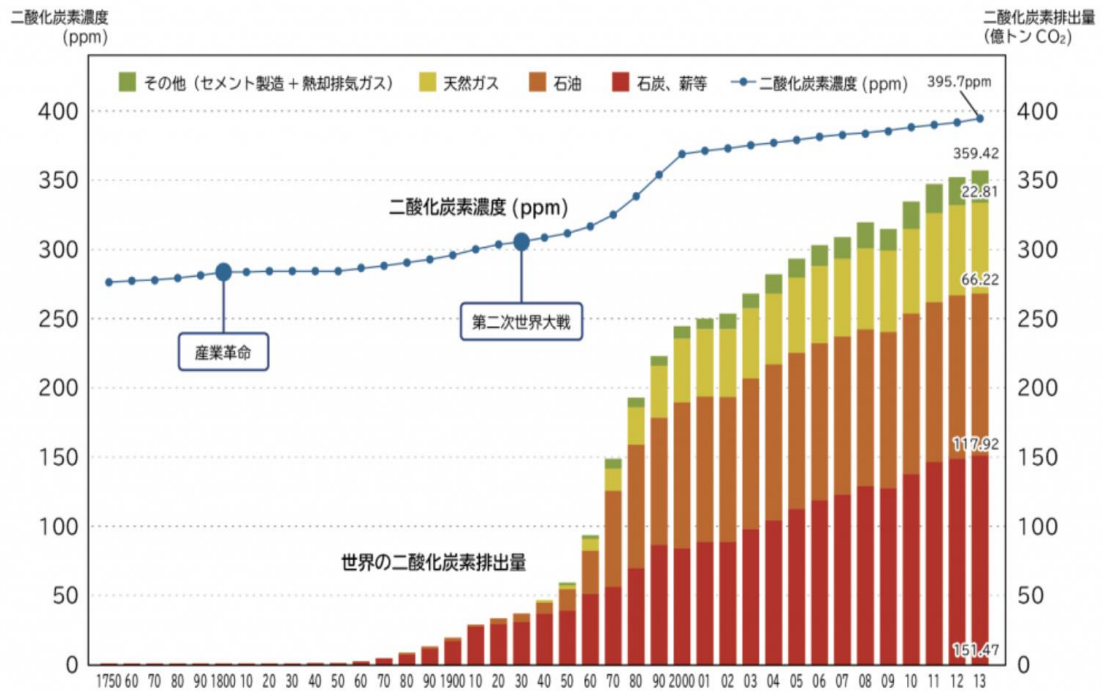


図 4 (1) 世界の排出源別の二酸化炭素放出量

出典：エネイチ <https://eneichi.com/useful/2192/>

この図で、1850 年～1950 年、1950 年～2000 年、2000 年～2013 年、2013 年～2024 年 を直線で増加しているとする。そして、二酸化炭素放出量を、1850 年：0、1950 年：50 億トン、2000 年 240 億トン、2013 年：360 億トン、2024 年：360 億トンとする。1850 年から 2024 年の総放出量は以下の計算で 17,610 億トンとなる。

$$50 \times 100 \div 2 + (50 + 240) \times 50 \div 2 + (240 + 360) \times 13 \div 2 + 360 \times 11 = 17,610$$

世界の CO₂排出量 (燃料、セメント、フレアおよび林業・土地利用起源)

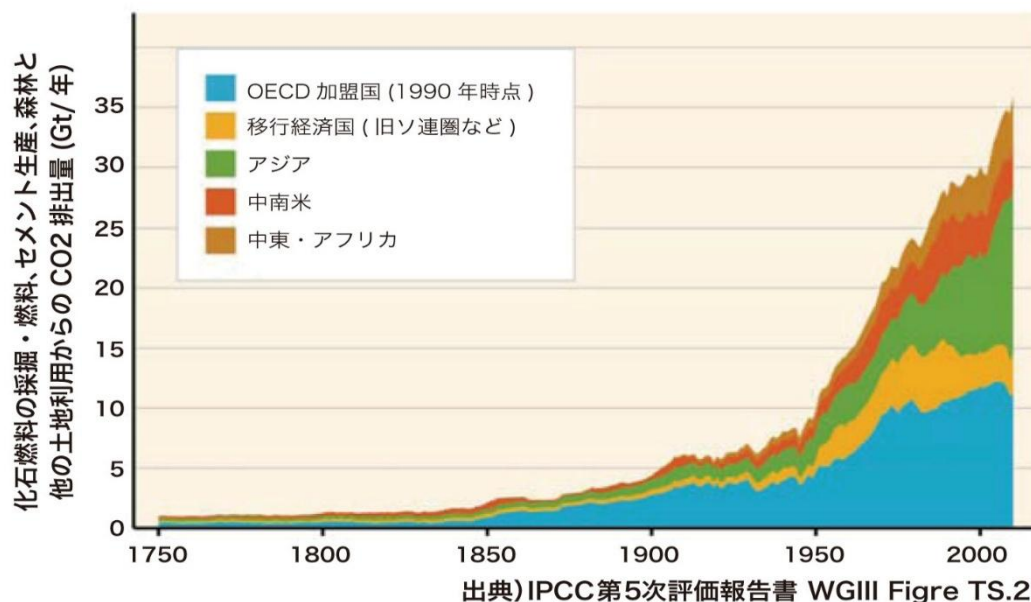


図 4 (2) 世界の地域別の二酸化炭素排出量

出典：JCCCA <https://www.jccca.org/download/13172>

図 4 (1) と同様に、1850 年～1950 年、1950 年～2010 年、2010 年～2024 年を直線で近似する。そして、二酸化炭素放出量を、1850 年：2Gt、1950 年：7.5Gt、2010 年 35Gt、2024 年：35Gt、とする。1850 年から 2024 年の総放出量は以下の計算で 2,240Gt となる。なお、Gt はギガトンで 1Gt は 10 億トンである。

3. 化石燃料

表 1 に示すように、化石燃料の可採年数は石油および天然ガスが 50 年、石炭が 130 年、ウランが 43 年といわれている。すべてを熱量換算し、現在の使用量を維持したとすると 80 年で枯渇する。なお、年に 2 % ずつ使用量が増えると 48 年で枯渇する。残存化石燃料の量は、これまでに使用したのと同じくらいであるので、枯渇する頃には大気中の CO₂ 濃度は 560ppm になり、さらに気温は 1.6 度上昇するであろう。

世界は 2050 年には二酸化炭素の排出量を実質ゼロにするという目標のもとに、化石燃料の使用の削減に向かっている。しかし、排出量をゼロにしたところで、大気中の二酸化炭素が減るわけではないので、気温は下がらず、上昇がなくなるというだけである。二次効果で上がり続ける可能性が高い

表 1 燃料の採掘可能埋蔵量・生産量・可採年数

種別	埋蔵量	生産量/年	可採年数
石油	10,982	201.4	54.5
天然ガス	8,573	173.5	49.8
石炭	27,489	208.9	131.6
ウラン	1,072	24.9	43.1
合計	48,116	608.7	79.0

2019 年度（ウランは 2017 年度）、単位：Exajoules

データの原典： BP Statistical Review of World Energy 2020 /69 edition （<http://www.bp.com/statisticalreview>）

4. 再生可能エネルギー

温暖化対策として、再生可能エネルギーの利用が推奨されている。図 5 に示すように日本の電源構成における再生可能エネルギーの割合は 10 年間で倍増し、2023 年の再生可能エネルギー（水力、太陽光、風力、地熱、バイオマス）の全発電電力量に占める割合は 25.7%となった。ヨーロッパ諸国では、45%と進んでおり、なかでもデンマークでは 87%である。また、中国では 30%である。

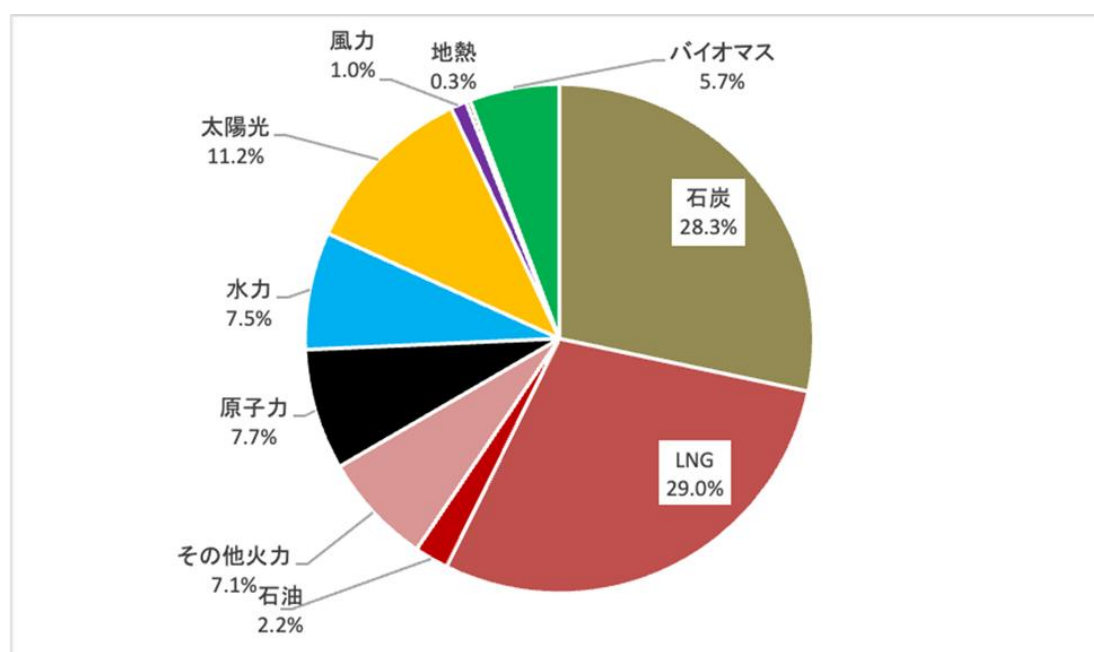


図 5：日本の電源構成(2023 年速報)

出典：isep <https://www.isep.or.jp/archives/library/14750>

日本では電気の1/4が再生可能エネルギー由来であるが、電気以外にガソリン、灯油、ガスなど電気とほぼ同量のエネルギーを使っている。図6に示すように、一次エネルギーのなかで再生可能エネルギーの占める割合は13%である（2023年）。これから、日本が再生可能エネルギーを倍増しても、26%にしかない。世界全体の再生可能エネルギーの割合は14%である。すなわち、石炭26%、石油32%、天然ガス23%、原子力4%、水力6%、再生可能エネルギー8%である。すなわち二酸化炭素発生源である石炭と石油と天然ガスで81%を占めている。

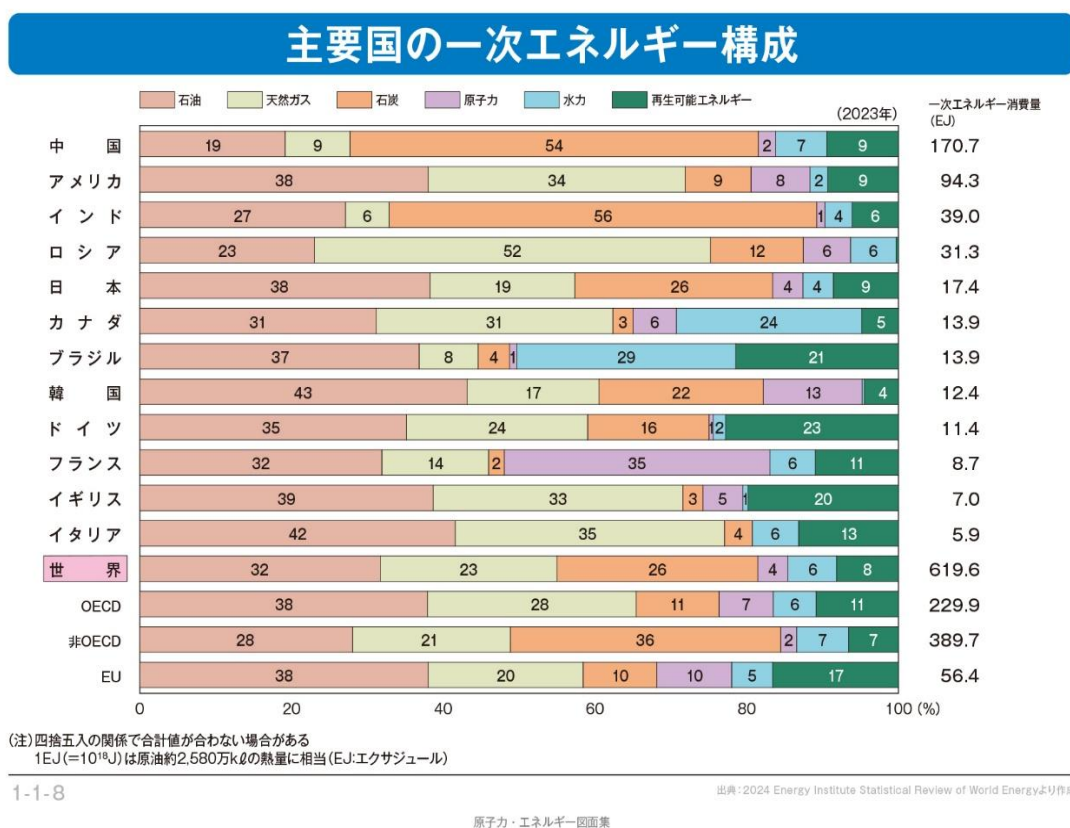


図6 主要国の一次エネルギー構成

出典：エネ百科、<https://www.enel00.jp/zumen/1-1-8>

原子力に期待する論もあるが、その放射性廃棄物の処理方法がないので、それを次世代に付け回すことになる。10万年の保管期間が必要と言われているが、それは不可能であり、近いうちに保管設備の破損や災害によって放出されるであろう。保管に要するエネルギーや費用は莫大なものになり、それを次世代に課すことになる。よって、二酸化炭素より後世に残す害は大きいと言える。

5. 温暖化対策と縮小社会

温暖化の進行を遅らせるのは、現在の生活および都市の構造、すなわち現在の文明の姿を変えるしかない。科学技術の進歩によって、解決されるであろうという人もいるがそれは幻想である。現に、この数十年間に科学技術は進歩してきたが、化石燃料の使用量は増え続けている。たしかに、照明が白熱電球から蛍光灯さらに LED と変わり、電気使用量は数分の一になった。また、テレビや冷蔵庫の効率も倍になったが、テレビや冷蔵庫は大型になった。また、乗用車の燃費改善も進んでいるが、乗用車の数や使用量も増加している。また、温暖化とともに夏にはエアコンを常時使用するようになった。二酸化炭素を地中に貯蔵することが研究されているが、気体の二酸化炭素を石炭や石油のように固体や液体に変え、地中に埋めるには石炭や石油を燃焼して得た以上のエネルギーが必要であるし、気体のまま地中に埋めると、そのうちに地上に漏れるであろう。電気自動車や水素ガスの利用が救世主であるかのようにいわれているが、現在は電気や水素の大半は化石燃料から作られている。

大気中の二酸化炭素を減らすことができないので、温暖化の解決法はなくその進行を遅くすることしかできない。まず、生活であるが、現在は、冷暖房、車での移動、スーパーやコンビニで買い物と快適で便利がよい生活である。物も使い捨てである。しかし、それには多くの化石燃料由来の電気やガソリンを使用している。パソコンやスマホの電力消費は少なくとも、その通信設備の維持やデータを保存するサーバー、AI 用のコンピュータは大量の電力を要する。昔は、もったいないや丈夫で長持ちという言葉があった。個人が冷暖房の使用を制限し、公共交通機関の利用を増やす必要がある。しかし、それによる省エネには限度がある。とくに都会のコンクリートジャングルの夏にはエアコンが必要である。地方でもバスなどの公共交通は減少し、自家用車が必須になっている。個人の努力だけでは省エネは微々たるものであろう。現在の社会構造では、ますます化石燃料の消費は増えるであろう。

それでは、どのような社会構造が必要であろうか。まず、大都市の地方分散である。日本では放置するとますます大都会とくに東京の一極集中になるので、強制的な処置が必要である。たとえば、各省庁の地方への分散や、大学の地方移転である。さらに、大都市の固定資産税の増額で企業の東京からの移転を促進する。地方都市でも同様な処置によって、さらに辺地に分散させる。また、仕事は自宅勤務を増やす。これによって通勤時間は短縮され家賃は低減される。さらに、庭や畑付きの家も可

能になる。個人の省エネは多様である。昔から、「もったいない」、「丈夫で長持ち」、「無駄使いは止めよう」などの言葉があった。これを各個人がそれぞれの方法で実践すればよい。たとえば、短距離は歩く、早寝早起き、家庭菜園、修理などである。スポーツセンターでトレッドミルの上で走ったり歩いたりするよりも、自然の中で歩く方が楽しいであろう。また、農業や修理には経験、技術、創意工夫が必要であり、既製品を買って使い捨てるよりは達成感は得られる。

エネルギー同様に重要なのは食料である。日本のエネルギー自給率は15%で食料自給率は38%である。さらに、両者とも、地球の反対側からの遠距離輸送であり、何かあると供給が止まる。安全保障と言えば、まずは食料の自給である。戦中や戦後すぐには、国会議事堂前の広場、学校の校庭、公園などが芋畑になった。耕作放棄地の再利用、二毛作の復活、多収量品種への切り替え、ゴルフ場の農地化、家庭菜園での耕作などによって、食料自給率を上げる必要がある。それでも、自給には程遠いであろう。廃棄食品の低減、イモの増加、さらには食肉の低減が必要になる。また、人口減も肯定的に視野に入れる必要がある。各家が菜園を持っていると、イモやマメなどを作ることができる。ソ連が崩壊した時に、飢餓に陥らなかったのは、各家庭がダーチャという600平米の家庭菜園をもっていて、そこで主食のジャガイモを自給していたからである。日本においても、地方分散すると家庭菜園を持つ可能性が増える。

持続可能な社会とは、化石燃料を使わない社会である。それなら江戸時代に戻るのかと問われるが、化石燃料が枯渇すればそうならざるを得ないが、それは無理である。いかにスムーズに化石燃料の使用量を減らしていくかが縮小社会研究会の課題である。2008年に当会が発足した時には化石燃料の枯渇が主な論点であったので、化石燃料が100年分あるとしたら、毎年1%の使用量縮小で永遠に持続できるとしていた。50年分の残存量なら毎年2%の縮小になる。しかし、化石燃料の燃焼による大気中の二酸化炭素による温暖化が深刻となってきたので、化石燃料の消費の削減は急務である。化石燃料の削減や温暖化によって生じるのは格差の拡大である。強国と弱国、国内においても強者と弱者の差は拡大する。先進国では温暖化は空調で回避して快適な生活を送っている。一方、砂漠化で飢餓に面している国や、海面上昇で移住を余儀なくされている島国もある。また、自国ファースト主義や「今だけ、金だけ、自分だけ」が蔓延してきた。他人と未来を慮る社会が必要である。

被災地の子どもの社会的孤立と社会的包摂 - 東日本大震災の復興過程の縦断的分析

葉養正明

はじめに

地震、津波、ウイルス感染など被害が甚大な災害が相次いでいる。自然災害の被災地では、街区、交通インフラ等の崩壊に加え、地域社会や住民の生活や学習の環境も破壊され、住まう空間の回復を目指した包括的な復興、再建が進められる。

本稿では、社会的弱者に着目しながら、震災対応プログラムの構築（再構築）を意図した検討を進める。特に、「子どもの社会的孤立」を焦点に、その実態や緩和のための社会的包摂プログラムの考察に焦点を置く。

事例とするのは、東日本大震災（2011年）で被災した岩手県宮古市¹として、大震災発災後14年間の復興過程に関する縦断調査²を主要な手がかりにした究明を進める³。

1. 社会的孤立に関する先行研究のレビューと本研究の枠組み

社会的孤立・孤独と社会的包摂に関する研究は、近年の日本でも強い関心が抱かれるテーマと言ってよい。わが国社会における分断・格差拡大が教育を含めたさまざまな局面に広がりつつある、という認識の広がりに加え、海外には政府組織の中に「孤独担当大臣」を設置するイギリスのような事例も現れているからである。

¹ なお、本稿では、東日本大震災における岩手県宮古市の事例を中心にしながら、NZ・カンタベリー地震におけるクライストチャーチ市を対比事例として取り上げている。両者がほぼ同時期に発生し、復興過程がほぼ同一であることによる。東日本大震災は2011年3月11日、カンタベリー地震は2011年2月22日に発生している。なお、紙幅の関係もあり、後者については前者と対比するに必要と考えられる場合に限定し、取り上げることにする。

² 復興過程の分析については、震災後初年度以降の膨大なモノグラフのほか、震災前に実施した中学生の生活・学習環境意識調査（2007年）及び震災後に実施した（2013年、2016年）の2つの調査データを活用する。

³ なお、本稿は、2025年9月6～8日に武庫川女子大で開催されるJUSTEC（日米教員養成協議会）における葉養発表（“Social isolation and social inclusion of children affected by the Disaster: A longitudinal study of the reconstruction process after the Great East Japan Earthquake”）準備に関連して取り組まれている研究成果の一部である。そのため、本文の一部には英文による表記が含まれている。また、本稿ではカンタベリー大地震や能登半島地震に関する詳細な言及は避け、別稿に譲る。

さらには、我が国における「失われた 30 年」と呼ばれる経済不況の克服策として、社会的孤立・孤独研究に際しての基礎的社会理論にもなっている「社会関係資本論」(social capital theory) が、財政出動を必要としない経済体制テコ入れ策としても注目を集めていることもあげられる。以上の経緯から、我が国の「社会的孤立」研究は、社会関係資本論と密接な関係を保ちながら登場し、発展してきたと言えることができる。

ところで、海外を含めると被災に起因する「社会的孤立」の実証的研究、実験的研究などは少なくはないが、我が国では特に、被災地の子どもの社会的孤立に着目した実証的研究は多いとは言えない⁴。にもかかわらず、保健学や精神医学、社会福祉論、教育相談、臨床心理学等々を渉猟すると、子どもの社会的孤立関連の先行研究が着々と積み重ねられていることが分かる。しかし、筆者が専門とする教育行政学や教育社会学では、この分野の研究は萌芽的な段階にあり、本研究に着手する背景となっている。

なお、本研究は、2007 年から 2013 年、2016 年にかけて実施してきた岩手県宮古市の中学生対象の生活・学習環境意識の縦断調査を主材料としながら、かつ被災地の実地踏査、復興過程 14 年間の先行研究レビューや分析を通じて、「震災被災地における子どもの社会的孤立と包摂的コミュニティの形成」の解明を進めることとしている。解明に当たるに際しては、東日本大震災とほぼ同時期に震災が発生したカンタベリー地震被災地 NZ/クライストチャーチ市の復興過程との対比も意図し、データ分析を進めることとする。

「社会的孤立」に研究の焦点を当てる場合、そもそも「社会的孤立」とはなにかについて定義される必要があるが、ここでは社会学者阿部彩氏による整理に依拠している。

「社会的孤立」について、阿部氏は図 1 のように整理している⁵。

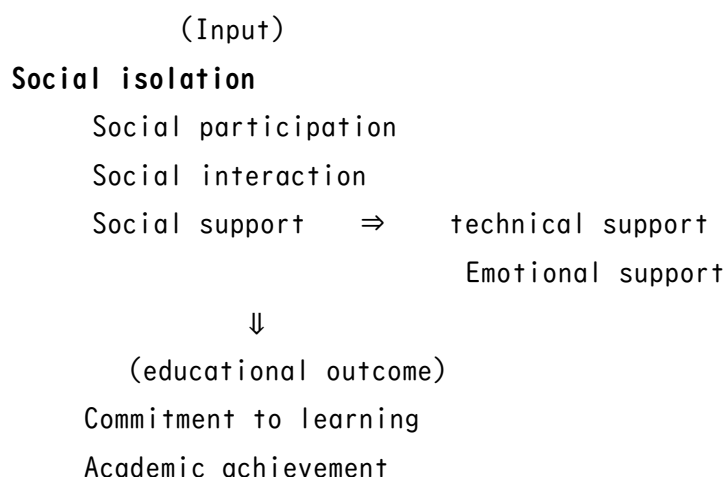


図 1 子どもの社会的孤立と社会的包摂に関する分析図式

⁴ なお、児童青年精神医学の領域における研究動向をレビューしたものとして、奥山純子他：地震を経験した子どもの心理的問題についての文献検討、があげられる。「児童青年精神医学とその近接領域」 57 (1) : 183-194, 2016 年

⁵ 阿部彩氏（東京都立大学教授）の次の論文の整理による。「包摂社会の中の社会的孤立 - 他県からの移住者に注目して」（「社会科学研究」 65 巻 1 号、2014 年）

さらに、図2に示しているのは、筆者が着手している調査活動の分析図式である。「社会的孤立」と「社会的包摂」の関係を縦断的にとらえるために用意されたものである。

<震災1年目の被災児童生徒の社会的孤立>

<inclusive community1>

中学校区内への仮設住宅の設置

里親等による震災孤児の受け入れ

児童相談所等による震災孤児受け入れ

宮古市児童福祉課による震災孤児への対応

岩手県教職員定期異動の1年間凍結

岩手県では2011年4月24日からの学校再開

<2013年被災児童生徒の社会的孤立>

<inclusive community2>

インクルーシブコミュニティの再構築など、まちの復興の進展

<2016年被災児童生徒の社会的孤立>

<inclusive community3>

まちの復興が成熟段階を迎え、住民が日常生活を取り戻す一方で、震災を体験していない世代の出現や住民の震災の記憶が薄れ始め、自分の将来に対する危機感の衰退、学習モチベーションの低下が見られるようになる。

<2020年の被災児童生徒の社会的孤立>

<inclusive community4>

震災の記憶の風化、災害を知らない世代の誕生、その広がり

東日本大震災への日本社会のなかの深刻感の衰退

<2025年における被災児童生徒の社会的孤立>

<inclusive community5>

図2 社会的孤立と社会的包摂政策の関係の整理

2. 震災初年度の宮古市における児童生徒の被災の状況と東北3県の震災孤児の発生

震災による孤児等の発生（社会的孤立の発生）を鳥瞰するため、宮古市における発災直後1年目の小中学生の被災状況を示そう（宮古教育委員会調べ）。

Rate of affected households in each school

	number of enrollment of each school	number of affected houses	ration of affected houses in each school	how disaster victims on foot commute to school	school bus	private car	bicycle	public transport	taxi
Miyako ei	252	60	23.80%	30	21	0	9	0	0
Kuwaga	218	60	27.5	40	22	5	13	0	0
Atago ei	35	6	17.1	9	4	0	5	0	0
Hujiwara	79	21	26.6	0	0	0	0	0	0
Isokei	315	54	17.1	21	17	0	4	0	0
Yamaguchi	296	1	0	1	0	0	1	0	0
Sentoku	547	1	0	1	0	0	1	0	0
Takahama	80	33	41.2	21	11	0	10	0	0
Kamedake	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Hanawa	154	0	0	3	3	0	0	0	0
Tsugaruisi	219	94	42.9	12	0	0	12	0	0
Akamae	39	23	59	16	10	0	5	0	1
Omoe	51	14	27.5	14	13	0	1	0	0
Uiso	16	2	12.5	2	0	1	1	0	0
Chikei	25	6	24	4	0	4	0	0	0
Sakiyama	186	24	12.9	16	15	0	1	0	0
Tarou 1	189	99	52.4	91	6	71	14	0	0
Tarou 3	17	2	11.8	2	1	1	0	0	0
Moichi	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Hikime	33	0	0	1	1	0	0	0	0
Kariya	49	0	0	0	0	0	0	0	0
Wainai	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Kawai	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Kawainish	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Monma	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Etsunagi	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Oguni	13	0	0	0	0	0	0	0	0
Dai 1 mid.	326	46	14.1	23	16	0	7	0	0
Dai 2	165	29	17.6	29	14	0	9	0	6
Kanan	293	60	20.5	40	17	0	5	18	0
Miyako nit	258	0	0	6	4	0	1	1	0
Hanawa	80	0	0	0	0	0	0	0	0
Tsugaruisi	136	55	40.4	55	5	0	12	36	2
Omoe	52	10	19.2	0	0	0	0	0	0
Sakiyama	138	8	5.8	8	5	0	2	0	1
Tarou 1	131	70	53.4	66	0	46	16	0	4
Nisato	79	0	0	0	0	0	0	0	0
Kawai	73	0	0	0	0	0	0	0	0

表 1 宮古市における 2011 年の小中学生の被災状況

表 1 で判明するのは、津波の被害を受けた学校は宮古市でも沿岸部の一部の学校に限られることである。山間部の小中高等学校等は被災を免れている。その点は、岩手県陸前高田市や山田町、大槌町、大船渡市、宮城県石巻市、女川町などとの大きな違いである。

しかし、被災した学校の子どもには親を亡くした事例も含まれる。宮古市についても同様で、東日本大震災が激甚災害であったことを物語る。

表 2 は復興庁によりまとめられている東北 3 県の孤児等の実態の一覧である。

なお、D 欄には孤児等に対する支援策を掲載している⁶。

⁶ 詳細は省略。復興庁が公表している関連文書等を参照。

A：震災孤児（震災で両親を亡くした子どもたち）

岩手県	宮城県	福島県	合計
94人	126	21	241

B：震災孤児（震災によりひとり親となった子どもたち）

岩手県	宮城県	福島県	合計
489	882	166	1537

C：震災孤児（震災で両親を亡くした子ども）への対応－震災孤児の受け入れ状況

親族等による引き受け 67

里親 168

児童養護施設への入所 6人（うち1人は震災前から入所している）

合計 241

D：震災で親を亡くした子どもへの心のケア等の支援

被災児童の健康・生活に関する総合支援事業

緊急スクールカウンセラーの派遣事業

被災児童の学習支援のための教職員増員

「心の復興」事業

表2 震災で親を亡くした子どもの状況＞ ＊復興庁 2015年3月

3. 宮古市における縦断調査と復興過程におけるレジリエンスレベルの変動

次に、震災前2007年の宮古市中中学生対象の生活と学習環境意識の調査結果を活用し、大震災後には意識傾向がどう変動したかについて見ることにしよう。震災後は2つの時点（2013年、2016年）で調査が実施され、調査結果は表3に示される。

なお、調査用紙は、「社会関係資本（social capital）」の指標化を意図して調査項目が選定され、被験者は中学生とすることになった⁷。小学生を除外したのは、特に中学年以下では調査への回答に制約が生ずることを考慮してのことである。表3の数値は質問項目それぞれに対する肯定的回答（比率）を調査年次ごとに示している⁸。

1回目の調査は2回目3回目の調査の土台になっているが、震災後の2回目3回目は被災生徒を特定し、クロス集計を実施するため生徒の居住場所についての質問項目を追加している。震災の効果の分析のためである。なお、3回の調査は次の設計で実施された。

⁷ なお、調査用紙の作成は当時東京学芸大に所属していた4名で進められた。朝倉隆司（保健学）、中澤智恵（生活科学）、竹鼻ゆかり（養護教育）、葉養正明（教育学）の4名であった。

⁸ 縦断調査結果を分析した論考は参考文献6に掲載される。

第1 回調査

調査期間：2007 年

調査対象 調査対象：10 校528 名の中学生（1～3 年生を抽出）

第2 回調査

調査時期：2013 年

調査対象 調査対象：11 校の中学生1468 名（1～3 年生全員）

第3 回調査

調査時期：2016 年

調査対象：9 校の中学生990 名（1～3 年生全員調査）



Year	A-1	2	3	4	5	6	7	8	9	B-1	2	3	C-1	2	3	4
2007	82. 9	34. 9	44. 2	51. 9	47. 1	73. 6	69. 2	58. 3	70. 6	71. 7	90. 2	82. 8	78. 5	68. 6	55. 8	57. 4
2013	92. 7	52. 2	83. 4	68	66	86. 6	77. 5	73. 6	82. 2	81. 8	96. 4	84. 5	85. 2	81. 2	56. 7	70. 3
2016	92. 8	60. 3	86. 2	74. 9	75. 7	88. 8	82. 4	78. 4	87. 8	86. 5	96. 1	87. 1	86. 2	83. 5	46. 6	75. 8
D-1	2	3	4	5	6	E-1	2	3	4	F-1	2	3	4	G		
62. 6	62. 9	47. 3	32. 6	14. 4	69. 3	78. 1	60. 6	40. 6	77. 6	35. 2	47. 1	47. 5	60. 5	36. 7		
77. 2	80	63. 5	26. 2	8.4	81. 3	83. 1	80. 2	36. 9	84. 6	38	57. 5	67. 3	71. 8	57. 7		
80. 1	83. 7	69. 8	14. 3	3.6	83. 4	87. 4	83. 7	38. 6	89	44. 4	65. 5	66. 2	76. 5	63. 6		

*数字は質問項目に対する肯定的回答の比率（％）である。数値の高さは、質問に対する肯定的比率を示すが、質問項目によっては数値が減少する場合改善傾向にある場合もある。

注：

A 生徒と教師の関係

1. 先生と生徒はお互いによく挨拶する
2. 生徒は、困ったことなどを個人的に先生に相談している
3. 先生は、この学校や生徒のことを大事にしている
4. 先生は、一人一人の生徒がもっている問題や特徴をよく理解している
5. 先生は、生徒のことをよくほめる
6. 先生や職員は、生徒のためにいつも一生懸命働いている
7. 先生は、生徒同士のけんかやめ事を解決しようとする
8. 先生は、生徒にとり大人や社会人としてよい手本である
9. 先生は、生徒にまもるべきルールをはっきり示している

D 学校の安全、施設の整備

1. 学校にいと、安全だと感じる
2. 教室や廊下は整理整頓されて、清潔である
3. トイレがきれい清潔である
4. 学校内で、いやがらせやいじめ、暴力を目にすることがある
5. ナイフなど危険なものを持ち込む生徒がいる
6. 教育設備・学習環境（パソコン、教材、図書室、音楽室、運動施設など）が充実している

B 生徒の学習態度

1. 生徒は、学校の学習に一生懸命取り組んでいる
2. 生徒は、文化祭や体育祭などの学校行事に一生懸命取り組んでいる
3. 生徒は、学校生活を楽しんでいる

C 学校や行事の運営

1. 学校の行事に、生徒会や生徒の意見が反映される
2. 学校が、特に力を入れようとしていることが、生徒によく理解できる
3. 学校や先生のやり方に疑問を感じても、先生に言えない
4. 学校は、いじめや暴力、喫煙、不登校など生徒の問題に、一生懸命に取り組んでいる

E 生徒同士の関係

1. 生徒は、お互いを思いやっている
2. 学校の先輩と後輩は仲が良い
3. クラスや学年でグループ間の対立がある
4. 生徒同士が協力し合っている

F 学校と地域の関係

1. 親や地域の人がよく学校に来る
2. 地域の人が学校の授業や行事を、よく手伝ってくれる
3. 学校と地域との交流が盛んである
4. 親は先生や学校を信頼している

G この学校が好きですか

表3 宮古市中学生の生活・学習環境に対する意識調査 2007、2013、2016 年

表3は宮古市中学生の全市的な回答を一覧にしているが、そこに示されるのは、年を追うごとに「生活と学習環境に関する満足度」が改善傾向を強めることである。

しかし、宮古市内の小中学校ごとに被災の状況は異なり（表1）、被災校と非被災校を区別しない全市的な意識傾向で、被災地宮古市の子どもの意識傾向と総括できるかどうかについては、さらなる検討が必要である。

この点を掘り下げるため、表4では2013年調査と2016年調査とを対比した生徒の放課後学習の状況を分析している。縦軸には生徒の居住場所を示し、仮設住宅等の生徒と元の自宅に戻った生徒と対比している。生徒の居住場所により回答傾向が異なっていることが分かる。

Pupils' residence type	“ No [afterschool] learning ” + “ [Afterschool] learning less than 30 minutes ”	Afterschool learning for hours per day
Shelters (2016)	2 (15.4%)	1 (7.7%)
Shelters (2013)	15 (16.1%)	20 (21.5%)
Post-disaster public-funded rental accommodation (2016)	15 (24.6%)	4 (6.6%)
Post-disaster public-funded rental accommodation (2013)	8 (11.8%)	9 (13.2%)
A relative' s home (2016)	5 (22.7%)	5 (22.7%)
A relative' s homes (2013)	4 (13.3%)	7 (23.3%)
Pre-disaster residence (2016)	92 (13.6%)	91 (13.5%)
Pre-disaster residence (2013)	96 (9.5%)	237 (23.5%)
Total (2016)	49 (14.5%)	120 (12.6%)
Total (2013)	145 (10.6%)	316 (23.1%)

*The response options representing learning time, ranging from over 30 minutes to under 2 hours, are cut for clarification.

表4 2013年と2016年の放課後学習時間の比較、生徒の住まいとのクロス表

2013 年調査で生徒の居住場所を項目として加えたのは、被災した生徒と被災していない生徒とを区別する意図に基づいているが、データをもう一つ追加しよう。2016 年調査に基づく、仮設住宅やみなし仮設住宅、親せきの家などに居住する生徒と元の自宅に戻った生徒の間の「人々の間の信頼や助け合い」意識を示すデータである（表 5-1，表 5-2）。

	Help each other when there is a problem				
	Very applicable.	Apply to a large extent	Not very applicable	not at all	total amount
Temporary housing +Deemed temporary housing (rented apartments)	82 48.5%		87 51.5		169 100.0
Former home	644 61.0		411 39.0		1055 100.0
Total	354 24.7	484 33.8	436 30.4	159 11.1	1433 100.0

表 5-1: Crosstabulation of housing and trust, ties, etc.

		Working to protect children from accidents and crimes				
		Very applicable	Apply a rule or principle to a large extent	Not very applicable	Not at All applicable	Total amount
Where do you currently live?	Temporary housing	28 29.8%	26 27.7	32 34.0	8 8.5	94 100.0
	Deemed temporary housing	13 17.1	17 22.4	30 39.5	16 21.1	76 100.0
	Relative's house	10 30.3	3 9.1	12 36.4	8 24.2	33 100.0
	Newly rebuilt home	25 22.3	41 36.6	31 27.7	15 13.4	112 100.0
	Former home	255 22.3	358 34.0	309 29.3	132 12.5	1054 100.0
	Other	16 24.2	23 34.8	19 28.8	8 12.1	66 100.0

表 5-2 Crosstabulation of housing and trust, ties, etc.

表 5-1、5-2 は 2016 年度の「人々の間の信頼や助け合い」意識が生徒の居住場所により差異があることを示しているのに対し、表 4 は、①2013 年と 2016 年とを対比して、放課後学習の時間が生徒の居住場所によって異なる、②仮設住宅、みなし仮設等の生徒は元の自宅に戻った生徒に比し放課後学習の時間が低下する、ことを示している。しかし、放課後学習の時間は、2016 年度には、2013 年度に比し全市的にも低下することも見て取れる。

では、表 3 に示される、宮古市における全市的な「社会関係資本の改善」傾向と表 4、表 5 の回答傾向とをあわせ考察した場合、復興段階との関係でどのような想定を抱くことができるか。

本稿では、仮説として、発災後 6 年前後における「宮古市におけるレジリエンス・レベルの変動」の可能性を想定することとした。つまり、2016 年は震災後 6 年目に当たり、発災直後段階に比して震災発生に伴う地域社会の緊迫感が薄れたために、生徒の側の「キャリアパスを良好にしなければ」、という教育達成への差し迫った感情が衰弱している、という仮説である⁹。

この仮説は、東日本大震災で被災した岩手県、宮城県、そして福島県の小中学校や教育委員会、カンタベリー大地震（2011 年 1 月）で被災した NZ クラストチャーチ市の被災校や教育省などのヒアリングなどを通じて、同様に抱かれてきた。

4. 考察と結論：宮古市教育復興過程の推移と被災地におけるインクルーシブコミュニティの形成

4-1 人口流出・減少による学齢人口の減少と学校再編の年次推移

東日本大震災後 14 年間の教育復興プロセスを概観すると、発災初年度の 2011 年以降の被災地の状況は「復興プログラムの進捗」に応じて大きく変化していることがわかる。これは、国による復興交付金や海外からの復興交付金の投入、全国各地自治体からの人的物的金銭的支援、国内外からのボランティアや支援等や、被災自治体による自助・共助の成果ともいえる。

したがって、東日本大震災の教育復興プロセスを分析し、他地域における今後の復興政策に役立てるには、震災発生からの時系列的な分析、それぞれの段階での課題や政策を解明することが重要となる。

そこで以下では、2011 年の震災以降を、初期段階（～5 年）、中期段階（5～10 年）、長期段階（10 年～）のフェーズに分割し、各段階での被災状況、復興プログラムの展開、顕在化した課題を考察することにしよう。

A：初期段階（～5 年目）：

発災当初は、震災対応に携わる関係者にとっては大わらわの時期であったと同時に、被災地の復興にとって極めて重要な時期でもあった。OECD などの国際機関も組織的に日本支援の体制を構築し、世界の震災を概観しながら、東日本における復興政策のあり方について積極的に提言を行っている。

自助、共助、公助が唱えられ、日本社会全体が被災からの復興に心を寄せた時期である。岩手県については、この時期には次のような政策が打ち出されている。

- 1、中学校地区を単位として仮設住宅の設置（宮古市など）

⁹ なお、縦断調査で社会関係資本の成熟をうかがわせる肯定的な回答の増加と表 4 に見られる生徒の居住場所による回答傾向の違い（仮設等の生徒については放課後学習の時間の落ち込みが大きい）については、教育達成におけるレジリエンスレベルの低下と考えているが、この点については、Putnam による社会関係資本論（特に“Bowling alone”、2000）の知見に依拠している。

2、教職員の定期異動を1年間凍結（岩手県、手当支給）

3、沿岸部（被災）と内陸部（非被災）の学校間で被災校支援ネットワークを構築（岩手県校長会などを介して）

4、教育委員会間の支援ネットワークを構築（福島県など原発事故被災地域の学校からの避難・生徒受け入れ）

B：中期段階（5年目～10年目）:

宮古市全域の復興が軌道に乗り、被災地域のがれきの撤去、交通網の修復など進められ、宮古市の景観は震災前の状態を取り戻し始めた時期である。半面、教職員などの異動の再開によって震災を体験しなかった教職員が被災校でも大半を占めるようになった。就学する子どもの側も震災の記憶が薄れ始め、「被災地」としての社会的雰囲気失われ始めた時期でもある。マスコミや海外からの訪問も落ち着き始め、宮古市の生活はより平常通りの状態に変わっていく。生徒の生活や学習の面では、震災当初のような緊迫感が薄れる現象が表面化し始める。

この時期の特性に対応して課題となったのは、次のような点である。

＜学校教育の平常化による「震災」への関心低下への対応として＞

- ・「震災」の教材化の問題 「震災」を平常の学校教育に取り入れる問題
- ・復興教育と同時に、今後の災害に備える防災教育の見直し、体制構築、災害文化の発展・伝承へ
- ・人口流出・人口減少に対応した学校再編への対応、まちづくりへの手当

C：長期段階（10年目～）:

発災後10年を迎えると、まちの景観は震災前の状況を取り戻し、交通網もほぼ旧に復する時期になる。この段階では、震災復興の視点を超えて、長期的に進む少子化人口減少への対応、小規模化する小中学校の再編、義務教育拠点の持続策等の課題が浮上する。

本研究では、東日本大震災後の被災した子どもたちの状況、特に子どもの社会的孤に焦点を当て、復興政策構築のあり方について検討を加えている。しかし、2024年1月1日に発生した能登半島地震からの教育復興に貢献するという観点からは、東日本大震災発災以降の教育復興のプログラムから教訓を引き出すことが当面の課題である。

5. おわりに

東日本大震災や能登半島地震は、30年前に発生した阪神・淡路大震災とは異なり、中長期的に人口減少が続く地域で発生したという点に特徴がある。能登半島地震により奥能登地方の人口は1年間で約30%減少したと報道され、学校システムの再構築とともに、義務教育段階を含む学びの拠点の持続・維持のための対応策を検討することが求められている。

人口減少、少子高齢化が進む被災地では、基礎教育の維持と学びの拠点維持に向けた学校再構築

が課題になる。能登半島の復興は、まさにこの点が問われており、基礎教育を基盤とした学び拠点のネットワーク構築を推進することが求められている。それは、被災地の復興・再建、子どもたちの社会的孤立への配慮、そして包摂的なコミュニティの形成という課題に取り組むことでもある。

テーマ的に表現すれば、「記録」から「記憶」へ、記憶から「災害文化」へ、という復興過程の希求である。

なお、災害文化 (disaster culture) とは、災害と人々の生活・社会・価値観との関係から生まれた文化的な側面や、災害に対する対応や記憶、教訓の蓄積、そしてそれが社会や地域に与える影響・変化などを含む概念、とされている¹⁰。

References

1. D.P.Aldrich: Black Waves, the University of Chicago, 2019
2. A. Zolli & A.M.Healy: Resilience- Why Things Bounce Back, The Zoe Pagnamenta Agency, 2012
3. R.Putnam: Bowling alone-The collapse and revival of American Community, Simon & Schuster, 2000
4. R.Putnam: Making Democracy Work, Princeton University Press, 1993
5. Y.Konozawa: The structure of social isolation in earthquake-damaged areas ("Sociological theory and methods" Vol 37 No.2 2022)
6. M. Hayo: Changes in Children' s Perceptions of Their Living and Learning Environments And the Degree of Resilience as an Effect of the Educational Recovery Program Administered in Miyako City: Response to the East Japan Earthquake, Departmental Bulletin Paper(1), Saitama Gakuen University, 2023-03-9(<https://saigaku.repo.nii.ac.jp/records/1569>)

¹⁰ 東日本大震災発生後、岩手県宮古市田老地区を拠点として「災害文化」をテーマとした「災害文化研究会」が組織され、機関誌が毎年発刊されている。岩手大学工学部が拠点となっている。その他「災害文化」に関連する論稿は少なくはないが、例えば次の論稿もそのひとつである。今村文彦：災害文化と伝承 ―東日本大震災などの教訓を繋いでいく（水文・水資源学会誌 第36巻 第2号、2023年）。

なお、「災害文化」概念は、その構成要素に次のような事項を含むとされる。①記憶の継承、②防災習慣や知恵、③価値観や世界観の変化、④芸術や表現活動、⑤地域コミュニティの結束と再生

7. Mitsubishi UFJ Research and Consulting: Research and Study Report on Support for Earthquake Orphans and Others in the Great East Japan Earthquake (FY 1955 Research and Study Project for Promoting Support for Children and Child Rearing), March 2019.
8. M. Hayo: Inquiry into the impact of COVID-19 school closures on children's lives and learning conditions focusing on social isolation from the viewpoint of sustainable learning for children (Bulletin of the Faculty of Human Studies, Saitama Gakuen University, No. 21, 2021) (<https://saigaku.repo.nii.ac.jp/records/1441>)
9. A. Aya: Isolation in an Inclusive Society: Focusing on Migrants from Other Prefectures (Social Science Research, Vol. 65, No. 1, 2014)
10. Isabelie Lina de Laia Aimeido, Jaqueline Ferroz Rego, Amanda Carvaiha Girardi Teixeira, Marilia Rodrigues Mareira: Social isolation and its impact on child and adolescent development: a systematic review (2021 Sociedade de Pediatria de Sao Paulo. Published by Zeppelini Publishers)
11. S. Oboshi: Disaster Prevention Awareness of Elementary and Junior high school students: Based on a school questionnaire survey in Miyako City, Iwate prefecture ("Journal of research on disaster culture", May 2022)
12. J. Okuyama et al.: A review of psychological reactions to catastrophic earthquakes in children and adolescents ("Child and Adolescent Psychiatry and Adjacent Fields" Vol.57, No1
13. J. Okuyama et al.: Importance of psychological support for disaster-affected adolescents: 10 years after the Great East Japan Earthquake ("Journal of disaster research" Vol.16 No.6, 2021
14. Y. Itakura: Victim Assistance and Social Inclusion in Natural Disasters ("Sociological Studies", Vol.94, 2014)

