

地学雑誌 第一集第十二卷 (明治 22 年)
「石炭の消費は大気の質を変ずることなきや」#
(山上萬次郎) : 地球環境問題に気付いた科学者の卵

小 出 仁*

Manjiro YAMAGAMI: Does the Combustion of Coal Change
the Nature of the Atmosphere ? #
Journal of Geography (Chigaku Zasshi), Vol.1, No.12, December 1889
Hitoshi KOIDE*

地球温暖化防止が全世界的な喫緊の課題になり、最近、とくに石炭の燃焼により発生する多量の二酸化炭素が問題になっている。120 年程昔に、地球温暖化まではまだ意識していないが、石炭の大量燃焼により排出される炭酸ガス(二酸化炭素)が大気の質を変えてしまわないかと検討した論文が地学雑誌第一集第十二巻に掲載されている。地球温暖化についてさえ、未だに幻であるという異論も出されている状況に比べると、100 年以上も前に地球環境問題が起きることを心配して、石炭の使用により大量に排出される二酸化炭素の大気への影響をきちんと検討した科学者の卵がいた事実は、貴重な証言になるので、ここに紹介する。著者の山上萬次郎(敬称略)は後に学習院教授になるが、当時は満 21 才そこそこの大学初年生で、初論文であった(源, 1989)。原文は 1 ページ程度の短文で、文章も既に上手であるが、句読点もなく、現代人には読み難いため、現代風に書き換える。(できるだけ忠実に書き換えたが、書き換えによる間違いがあれば、紹介者の責任である。数字についても、原文の趣旨を尊重して、そのま

ま用いる。)

現代文訳「今は、石炭の時であり、燃焼の世である。工業の盛んな所では、必ず煙突が空にそびえて、炭酸ガスが絶えず大気中に上昇するのが見える。現今、地球上での石炭の産出高は毎年 3 億 6 千万トン(訳注: 石炭の含む炭素分は平均 70%として以後計算している)に達し、1 日平均 100 万トン以上になる。試みに、松の木を使って、石炭に代えるとする、9 億 4 千 200 万トンの松材を要し、およそ松の木 26 億 2 千 500 万本が必要になる。これだけの量の松の木は、2 万 7 千 737 平方キロメートルの森林になる。森林の面積はサクソニー王国の面積の二倍である(訳注: サクソニー王国は当時のドイツ帝国内のザクセン王国の英語名。面積約 1 万 5 千平方キロメートルで、記述はほぼ正しい。現在のドイツ連邦のザクセン自由州は、旧シレジアの一部を加えているため若干広くなり、1 万 8 千平方キロメートルある)。さらに、年々上記の量の樹木を伐採して、差し支えなく森林を維持するには、209 万 8 千 20 平方キロメートル、すなわちドイツ帝国の面

* 東京地学協会図書委員会
早稲田大学理工学研究所

* Board of the Library, Tokyo Geographical Society
RISE, Waseda University

英文タイトルはオリジナルにないため小出 仁が翻訳
English title was translated by Hitoshi KOIDE.

積（訳注：54万平方キロメートル）の4倍の面積の森林が必要である。また、試みに、人の肺より吐き出す炭酸ガス中の炭素を、石炭から供給すると仮定すると、人は1時間12グラムの炭素を消費し、一人毎年150キログラムの石炭を消費する割合になるので、3億6千万トンの石炭は24億人に供給することができる。この数は現今の全地球人口の2倍以上に当たる。（以上はユダイヒ氏の算出する所による）

されば、現今、我々人類の肺より出る炭酸ガスの量は、煙突より出る炭酸ガスの量の半分に過ぎない。このように、石炭の消費によって年々莫大な量の炭酸ガスを大気中に送れば、大気はこのためにその質を変えることがないであろうか。あるいはこれらの炭酸ガスはすべて植物の栄養となるのであろうか？ またはゆっくりと、気界のどこかに堆積するのであろうか？ この問題はしばしば聞くが、未だ確かな答えはできない。しかし、俗人が考え勝ちな、極めて急激な変化や、非常に速い堆積をすることはありえない。元来炭酸ガスは大気の容積の平均1万分の4の容積を占める。地球を囲んでいる5千兆トンの大気は、3兆トンの炭酸ガスを含む割合になる。3兆トンの炭酸ガスは、およそ8千億トンの炭素を含む。しかし、石炭の消費により年々燃焼する炭素分2億5千200万トンは、大気中の炭素の0.0315%に過ぎない。すなわち、1万分の4が、1万分の4.00126に変わるだけである。この差はごく僅かなので、未だ確かめることができないという。けだし、我が人類の手はすこぶる薄弱で、造化の経営に大関係を及ぼすことがないのは、私達がしばしば見る所である。」

文中に「この問題はしばしば聞く」と書いているので、石炭の燃焼により出る二酸化炭素の行方を、当時既にかなり多くの人が気にしていたことが判る。用いられている数字は、現在のデータからは多少ずれがあるが、元々不確実性の高いデータであり、計算は正確である。

まず、世界の石炭産出高は3億6千万トンとして、石炭の代わりに松の木を燃料にすれば、当時のドイツ帝国の4倍の面積の森林が必要にな

ると指摘している。さらに、人間の呼吸から出る二酸化炭素中の炭素を石炭から供給すると仮定している。何故このような無理な仮定をわざわざしたのか理解し難いが、単純に、人間の呼吸から排出される二酸化炭素の量と、石炭の燃焼により排出される二酸化炭素の量の比較とすれば理解できる。すなわち、年間3億6千万トンの石炭は、平均70%の炭素を含むので、燃焼すれば年間2億5千200万トンの炭素を含む量の二酸化炭素を排出する。それに対し、人間の呼吸により一人あたり炭素換算で0.105トンの二酸化炭素を年々排出する。世界で石炭の燃焼により排出される二酸化炭素の量は、人間24億人が呼吸から排出する二酸化炭素の量に匹敵し、当時の世界人口の2倍以上に当たると結論している。以上はユダイヒ氏の算出によるとしているが、原論文を特定できなかった。

最近の資料によれば、1890年の世界の石炭燃焼による二酸化炭素排出量は、炭素換算3億4千万トンと推定されている（茅, 2002）。山上の計算を踏襲すれば人間32億人分の排出量になる。当時は、石油の消費はごく少なく、二酸化炭素の排出は石油から800万トン、天然ガスから200万トンで、それを加えても二酸化炭素総排出量は年3億5千万トン（炭素換算）つまり人間33億人分にしかない。世界人口は、人口資料統計集（国立社会保障・人口問題研究所, 2008）によれば、1850年に11億人以上14億人以下、1900年に15億5千万人以上17億6千万人以下と推定されているので、1890年は16億人程度と推定される。すなわち1890年時点で、石炭の燃焼から排出される二酸化炭素の量は、世界の人間が呼吸により排出する二酸化炭素の量のほぼ2倍以上になる。山上のデータは、1889年より前のデータであるが、石炭から出る二酸化炭素が人間の呼吸の倍以上に達しているという結論はほぼ正しいと思われる。

一高を卒業して帝大地質学科に入ったばかりの山上萬次郎（源, 1989）は、石炭の燃焼から排出される膨大な量の二酸化炭素の行方を心配した。そして大気の総量を5千兆トンとし（ほぼ正し

い)、大気中の二酸化炭素濃度は体積比で1万分の4であるから、大気中に3兆トンの二酸化炭素がある(炭素換算8千億トン)とした。大気中の二酸化炭素濃度は、2006年で世界平均381.2 ppmであるから(気象庁, 2008)、体積比1万分の4に近づいている。しかし、120年近く昔には山上自身の計算からも推測できるように、産業革命前の平均値280 ppmからあまり増えていないので、大気中の二酸化炭素は体積比1万分の3とする方が実際に近い。しかし、1万分の3で計算しても、結果はほとんど同じで、大気中の二酸化炭素濃度は最大限でも0.12 ppm増加する可能性があるだけとなり、山上の結論通り、当時の技術では計測不能であったろう。地球上には海洋や森林などの吸収源もあるので、実際の濃度増加は計算よりさらに小さくなる。ともかく、120年昔は、日本は開発途上国から新興国になろうと目指していた時期であり、地球は広大で人間が影響を及ぼすことができないうという山上萬次郎の結論は正しかった。ただし、石炭の使用による公害は既に起きていたと思われるが、二酸化炭素による地球規模の変動はまだ検出不能であった。山上萬次郎は地球環境問題が起きるかもしれない可能性に気付きながら、地球環境問題が起きていることを明らかにできなかった。山上自身の責任ではなく、未だ、機が熟していなかったと惜しまれる。

現在、世界人口は120年前の4ないし5倍に増加しているが、人為的要因による全二酸化炭素排出量は炭素換算約73億トンに達している(全国地球温暖化防止活動推進センター, 2008)、1890年の化石燃料からの排出量に比較して約21倍になっている。山上の方法に習って、人為的二酸化炭素排出による大気中の二酸化炭素濃度の上昇を計算してみると、最大3.5 ppm上昇すると計算される。実際に、温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)の解析によると、2005年から2006年に世界の大気中の二酸化炭素平均濃度は2.0 ppm 増えている(気象庁, 2008)。

120年前には不可能であったが、現在では人為的二酸化炭素排出が地球規模で大気の状態を変え

ることを実測できるようになっている。これは二酸化炭素排出量の増加と測定技術の向上に負うものであるが、山上の後、地球環境問題に気付いて対策が採られるようになるまでに長い年月がかかったことが惜しまれる。地球上での二酸化炭素の排出と吸収のプロセスは非常に複雑であり、たとえ一地点で二酸化炭素排出や濃度の増加に気付いても、それを地球全体の問題として捉えるのは難しい。研究者は、とかく木を見て森を見ない状況に陥り易い。さらに、二酸化炭素の排出と地球温暖化の関連などは、今でこそ多くの人が知っているが、新しく発見することは非常に難しいことは理解できる。科学者が気付いても、さらに企業や自治体や国を動かして、対策を採るようにするのは、さらに難しい。それでも、山上萬次郎のこの小論文は、鋭い観察力と柔軟な頭脳と十分な分析力を持った科学者がいれば、きわめて早い時期に地球環境問題に気付く可能性もあったことを教えてくれる。

地球環境問題の可能性を100年以上前に指摘した山上萬次郎(1868-1946)については、地理・地文学者としての業績と伝記について源(1989)の研究がある。その伝記によると、山上萬次郎は明治元年11月に山口県徳山市に生まれ、東京派遣留学生として選抜されて上京した。明治22(1889)年7月に第1高等中学校理科を卒業し、帝国大学理科大学(東京大学理学部の前身)地質学科に入学したばかりであった。本編「石炭の消費は大気の状態を変えずにきや」が山上の初論文である。その後、地理学・地文学の教科書や地図の編纂や論文を多く書いている。地質調査所に勤務していた時に、地質図もいくつか作成し、また『地学雑誌』の編集にも携わった。前回紹介した原田豊吉の「日本地質構造論」(小出, 2007)に対するナウマンの反論の一部の翻訳もしている。地理学と地質学双方で活躍している。山上は、明治29(1896)年に地質調査所を辞し、学習院教授になったが、地質調査所の山上の後任となり、『地学雑誌』の編集も引き継いだのが、高名な小川琢治(湯川秀樹博士の父)であった。しかし、本編を書いた当時は、山上はまだ満21才

そこそこの大学初年生であったが、既に十分な観察眼と学識と分析力を持っていたことが確認できる。山上が卒業したばかりの当時の一高の水準の高さも示唆される。

文 献

茅 陽一監修 (2002): 環境年表 2002/2003. オーム社, 367.
国立社会保障・人口問題研究所 (2008): 人口統計資料集.
<http://www.ipss.go.jp/> [Cited 2008/07/07].

気象庁 (2008): 二酸化炭素濃度の経年変化.
<http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/ghghp/21co2.html> [Cited 2008/07/07].
小出 仁 (2007): 地学雑誌第一集第二巻「日本地質構造論」原田豊吉: 夭折した先駆者. 地学雑誌, **116**, 294-296.
源 昌久 (1989): 山上萬次郎 (1868 ~ 1946) の地理学に関する一研究—伝記・書誌学的調査—. 人文地理, **41** (5), 76-88.
全国地球温暖化防止活動推進センター (2008): 世界の二酸化炭素排出量—国別排出割合— (2005 年).
<http://www.jccca.org/content/view/full/1040/781/> [Cited 2008/07/07].