

地球温暖化についての知識の発達

増 田 耕 一*

「地球温暖化」というものごとは、2001年のIPCC第3次評価報告書以後、「世界平均地上気温がすでに上昇している。そのおもな原因は人間活動（おもに化石燃料の燃焼）による大気中の二酸化炭素濃度の増加である。」という形で導入されることが多い。この「」内のべた主張をうらづける研究活動はdetection and attribution、略して「D & A」とよばれている。日本語では「検出と原因特定」あるいは「検出と要因分析」といわれるが、attributionは「原因特定」では強すぎ「要因分析」では弱すぎる。「各要因の寄与の推定」というべきものである。

D & A は気候研究の先端的課題のひとつだが、それだからこそ、その知見はかならずしも頑健でない。それはD & Aの理屈が多段階にわたる複雑なものだからだ。近過去の数十年間の気温変化のシグナルを検出するためには、観測データを収集し、データの品質や分布の偏りを考慮しながら集計する。そこへの人間活動の寄与を論証するためには、近過去の気候変化の諸要因を定量的に推定し、それを入力とした気候のシミュレーションをおこない、さらに人間活動起源の要因を除いたシミュレーションをもして、両者の結果を観測値の集計でわかった現実世界の気候の変遷と比較し、統計学的な基準で評価する。

しかし、D & A は、地球温暖化についての科学的知識の不可欠な部分ではない。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）が発足した1988年には、まだ世界平均地上気温の数十年間の変化傾向の信頼できる知見は得られていなかった。1960～70年代、観測事実としては北半球平均地上気温の下降が見えていたところに、物理法則にもとづく発想をもつ気候研究者たちが、将来の可能性として、二酸化炭素濃度の増加による温暖化を予想したのだ。

19世紀のはじめには氷河の拡大縮小をはじめとする地質時代の気候変遷が認識され、さまざまな原因論が考えられた。20世紀後半に生きのこったのは、19世紀なかばに確立したエネルギー保存の法則にもとづく、大気・水圏を合わせた気候システムのエネルギー収支にもとづく原因論だった。気候システムのエネルギー総量を変化させる原因は、気候システムのエネルギーの収入または支

出を変えるものである。収入を変える要因として、太陽が出す放射の変化、太陽・地球間の幾何学的関係の変化、火山起源や人間活動起源のエロゾルなどがある。支出を変える要因として、大気中で赤外線を吸収し射出する成分（温室効果気体）の濃度の変化がある。温室効果気体としてもっとも重要なのは水蒸気だが、それは気候システム内のフィードバック要因となる。外因としてもっとも重要なのは二酸化炭素である。

大気中の二酸化炭素濃度のモニタリングが1958年から継続され、人間が化石燃料を燃やすことによって排出された二酸化炭素の約半分が大気中にとどまっていることがわかってきた。二酸化炭素の増加が地上気温の上昇をもたらすことは、地質時代への関心だけでなく、将来の気候変化への関心からも課題になった。その大きさをエネルギー保存則にもとづいて見積もる理論計算がされたが、東西、南北、上下のいずれの空間的不均一も省略した0次元モデルでは値がなかなか定まらなかった。真鍋とWetheraldが1967年の論文で鉛直1次元モデルによる結果、1975年の論文で3次元モデルによる結果を示した。他の研究者の成果もあわせて、1979年にアメリカ合衆国科学アカデミーの委員会が、二酸化炭素が2倍の気候の世界平均地上気温は1倍のばあいよりも1.5～4.5℃高くなる、という形にまとめた。1980年代の研究で、実際の気温変化は二酸化炭素濃度の上昇から数十年の遅れ（時定数）をもっておこることもわかってきた。

地球温暖化についての、多数の科学者たちが確信もっている知見は、二酸化炭素濃度の増加が地上気温の上昇をもたらすという、原因から結果にむかう物理的なしくみについての理屈だ。定量的な不確かさはまだかなり大きい。たとえば、二酸化炭素2倍と1倍の気候の世界平均地上気温の差は、なお、2～4.5℃という幅をもつ。この不確かさを減らすことは自然科学としての気候研究のもうひとつの先端的課題である。しかし、それが2℃であっても近未来の気候変化は人間社会に対策をせまるものになりそうなので、「人間社会にとって無視できない温暖化がおきるだろう」という形での確信はゆらぎそうもない。

* 立正大学地球環境科学部環境システム学科

この話題について、筆者はつぎの総説を書いたので、
関心のあるかたはご参照いただければ幸いです。

増田 耕一 (2016) : 地球温暖化に関する認識は原因から結果
に向かう思考によって発達した。科学史研究, 54, 327-339.
https://doi.org/10.34336/jhsj.54.276_327(オープンアクセス)
増田 耕一 (2021) : 地球温暖化-国際政治にかかわる科学。
『科学史事典』(日本科学史学会 編, 丸善出版), 496-497.