

地球の過去を遡り 未来の気候を見極める

阿部彩子氏

(東京大学大気海洋研究所准教授)

聞き手 商工研常務執行役員・大西知彦

— 今回のIPCC(気候変動に関する政府間パネル)第五次評価報告書では、第一部「自然科学的知見」の「古気候」の章を執筆されました。

阿部 従来日本の執筆者は少なく、わが国の研究をPRしようと五輪選手の意気込みで臨みましたが(笑)、「地球人」として中立・普遍的姿勢を求められました。関係論文にすべてあたって論点を絞り、0次稿を執筆しましたが、世界の研究者の査読を受けて1次、2次稿と書き直しになり、最終稿では原形を止めていません。温暖化に懐疑的な方の反論も多く、逐一再反論し、一覧表にして提出します。「論拠は? 確度は?」と詰められ、特に「確度」は専門家の厳しい精査を受けるため力量が問われます。

最終稿までに三年以上を要し、その間は全体会議や分科会、メール・電話会合等に明け

暮れました。自分の研究ができずに「禁欲的」な日々でしたが、振り返るとこの上なく勉強させていただき、とても感謝しています。

CO₂の放出を今止めても
気温は上がり続ける

— 今回は、「……最悪の想定で二一〇〇年の(全球平均海面水位の)上昇幅は基準(一九八六〜二〇〇五年)比で〇・五二〜〇・九八メートルの間(中程度の確信度)……」など、慎重な言い回しが印象的です。反応はいかがでした。

阿部 科学は不明な事象の方が遥かに多く、判明した材料と発生する恐れのある不明な事柄をどう表現するか、気を遣います。不明点はまだ多いものの、集め得た数少ない材料をもとに、迫り来る危機と、その原因をまとめ

した。そうした歴史もあり、物証研究や南極など極地のフィールド調査が盛んでした。

一方、欧米では電算機による気候計算が発展し、気候変化による氷河の変容などの原理的研究もされてきました。氷河は氷船に似た性質で、応力をかけて物性を測り、結晶の向き等から流れる特性を物理的に記述できます。それに基づいた方程式で計算が可能となり、山の形や積雪、気温等を想定して氷河の計算をする研究が始まった頃でした。中学生時代から「氷だけの所って面白い」と、氷床の厚さが三キロもある南極に憧れていましたが、当時は女性が行くとややこしいことになる(笑)等の理由で、越冬隊は男性だけでしたので、電算機で研究する道に進みました。

— 帰国後、気候モデル開発で成果を挙げ、

たのが今次報告です。前回との主な違いは、温暖化の確率が九〇%から九五%に上がった点などで、大筋はほぼ同じです。〇七年は、IPCCがゴアとノーベル平和賞を受けたこともあり大きく報道されましたが、最近温暖化問題に食傷気味で、反響はわずかでした。私達が注力したのは、透明性を確保し、根拠を分かりやすくし、前回以降に出た確実な証拠を積み重ね、根拠論文などの情報にたどり着きやすくする等の工夫をしたことです。CO₂の放出を今すぐ止めても気温は上がり続けます。CO₂抑制投資や自然エネルギー利用、産業構造転換など、早く対策を講じないと取り返しがつかなくなります。

— 今のご研究に進まれたきっかけは。

阿部 小学生の時に読んだ上田誠也先生の『新しい地球観』には、化石や岩石を探す人、顕微鏡で調べる人、年代を測る人などが登場します。大きく、実験もできない地球を協力して探究する姿にひかれました。大陸移動説にも興味があり、ガリレオのように通念を見直す姿勢に共鳴しました。普段の経験や時間感覚から計れない現象の根本を究めることは、有意義で面白そうだと思います。

— 多くの恩師と出会われました。

阿部 大学院では、松野太郎先生、— 慶ばしいことに地球環境の研究を評価され「ブループラネット賞」を昨年受賞されましたが、先生のご指導のもと、気候モデルを研究しました。例えば、太陽からの距離だけで計算す

優秀な女性科学者に贈られる猿橋賞を受賞「ネイチャー」誌にも論文が掲載されました。

阿部 過去百万年の間、氷河が広大に成長する氷期が九万年続いた後、今のように極地のみに残る間氷期の一万年を経て、再び氷期となる循環が繰り返されています。この「氷期—間氷期」が十万年で交替する仕組みが謎で、諸説が唱えられました。その一人ミランコビッチはセルビアの天文学者で、地球の公転軌道や地軸の傾きが気候や氷床に影響を及ぼすのではと考え、詳細な日射の計算をしました。彼にはドイツの親友に気候区分の大家ケッペンと、その娘婿で大陸移動説を主張した気象学者ウエゲナーがいて、「観測に有意な夏の高緯度の日射に絞れ」と助言されました。百年前ですね、セルビア青年の銃弾で敵国同

— 「氷河期」の存在を初めて予言したルイ・アガシ教授もスイス出身でしたね。

阿部 そうです。スイスはアルプスが裏山のように聳え、流れ出る氷河は観光名所で、水源でもあります。十八〜十九世紀の小氷期以降、後退を続け、末端位置を示す古い石碑等が至る所に残り、氷河を通じて環境変化が認識されていました。フランスやイタリアにも氷河があり、英国も地球史研究に熱心で、大陸を覆う氷河である氷床の範囲や生成について十九世紀から欧州各国で論争が続いていま



PROFILE 阿部彩子(あべ・あやこ)氏

東京大学 大気海洋研究所 准教授
専門：気候システム学、古気候モデリング
1987年、東京大学理学部卒業。89年、東京大学大学院理学系研究科地球物理学科修士課程修了。93年、チューリッヒ連邦工科大学で博士号取得。理学博士。95年、東京大学気候システム研究センター(現・大気海洋研究所)助手を経て、現職。2007年、日本気象学会堀内賞受賞。12年、第32回猿橋賞受賞。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)「第5次評価報告書」第1作業部会の代表執筆者を務める。3児の母。著書に『気候変動論』(分担執筆)などがある。(撮影：西村陽一郎)

以前に「一番か二番か」と話題になった際、台数も世界屈指、政府も開発に前向きです。その塩梅は勘頼みで、所与の計算資源と時間の中で開発します。日本の電算機は最先端で、

国民の理解も大事です。阿部 科学分野で持続的成果を挙げるには人材の発掘と育成、弛まぬ研究と成果を周知する「アウトリーチ」が鍵です。今は研究者や

人材の発掘と育成、国民に周知するアウトリーチが鍵

科学の今後についてお聞かせください。特に気候研究は莫大な資金が必要で、

大学院に進学して身につけた専門知識や経験を生かす道は、欧米の例で見ると、科学技術専門家や官僚、教員、科学記者、ビジネスなど多方面にあります。社会と専門家の間の懸け橋として活躍することや、チームを作って大きな力で科学研究を進めることが、今とても必要とされています。

中には、院に進まず大企業など安定した先へ行く有能な学生もいます。確かに一般企業も優れた研究をされていますが、気候分野で収益を上げるのは困難でしょう。

大学院に進学して身につけた専門知識や経験を生かす道は、欧米の例で見ると、科学技術専門家や官僚、教員、科学記者、ビジネスなど多方面にあります。社会と専門家の間の懸け橋として活躍することや、チームを作って大きな力で科学研究を進めることが、今とても必要とされています。

研究者養成のため院生を雇う制度があり、博士の半分程度の給料をちゃんと払います。企業が技術者を育成するのと同じで、研究者も実験設備や手法など先達(せんた)が築いた基盤、培った知恵を受け継ぐことで、世界初の研究ができるのです。斬新な付加価値を自ら創り出し、説得力ある論文で示すこと——それが研究です。

中には、院に進まず大企業など安定した先へ行く有能な学生もいます。確かに一般企業も優れた研究をされていますが、気候分野で収益を上げるのは困難でしょう。

地球の楕円軌道の近日点は変動周期が二万年で、北米ではその周期に合わせて氷床が増減します。日射の最大強度を決めるのは、十

年周期の公転軌道の離心率ですが、その値が小さくなると夏の日射が弱くなり氷床が成長します。すると太陽光の反射割合が高まり、

氷床が後退を始めて、すると太陽光反射が減り、地殻沈下で高度が低くなった氷床は融けやすくなります。氷床が軽くなっても地殻の復元速度は緩慢で、低下した氷床高度がすぐには戻らず、融解が一気に進んで氷期が終焉します。この上下動は一キロメートルを超えると見られ、小高い山と平地ほど差があります。この研究は、観測事実と比較できる具体的計算を再現できた点が重要です。特に、十

年周期の最後に氷床がざっと融ける現象を解明できたので説得力が増しました(図参照)。全要素で、全期間を計算したのですか。

阿部 全要素で数十万年分を計算したら、私の生涯中に終わりません(笑)。氷床やCO₂濃度、地球軌道などの変化の節目を選び、それら代表計算を工夫してつなぎました。すると、氷床生成の経過が明瞭になり、氷床が成長した北米の規模や南限、逆に成長しなかったシベリアなど地理的にも明示できました。

モデル開発は試行錯誤です。考案したら一日で確認したいので、対応の簡単さが必要ですが、端折(はし)り過ぎると精度が落ちます。その塩梅は勘頼みで、所与の計算資源と時間の中で開発します。日本の電算機は最先端で、

台数も世界屈指、政府も開発に前向きです。以前に「一番か二番か」と話題になった際、

国民の理解も大事です。阿部 科学分野で持続的成果を挙げるには人材の発掘と育成、弛まぬ研究と成果を周知する「アウトリーチ」が鍵です。今は研究者や

古い年代の数値を正しく推定できれば、そのモデルは将来にも通用します。それを試すためにも過去に遡りたいのです。

気温が低下し、氷床は成長が増幅され、やがて極大に達します。この間、氷床の重みで地殻は徐々に沈下しマン托ルを押し下げます。離心率が上昇に転じると、日射が強まり、氷床が後退を始めて、すると太陽光反射が減り、地殻沈下で高度が低くなった氷床は融けやすくなります。氷床が軽くなっても地殻の復元速度は緩慢で、低下した氷床高度がすぐには戻らず、融解が一気に進んで氷期が終焉します。この上下動は一キロメートルを超えると見られ、小高い山と平地ほど差があります。この研究は、観測事実と比較できる具体的計算を再現できた点が重要です。特に、十

国民の皆様は同情していただけるほど脚光を浴びましたが、困っているのはソフト面です。モデルを試すには、演算に使うプログラムが必要ですが、それをつくる人手の予算が少な

いのです。人材を育てる仕組みをうまくつくれば、雇用創出にも資すると思います。

この気候モデルの「射程距離」は。阿部 実績は四千万年前ですが、今取り組んでいる研究対象は三百万年前です。もつと古い時代については、大陸配置が違う当時、どこに氷床ができて、どのような周期か、研究したいと思います。気候モデルは、原理を把握していれば現在のみならず、将来予測にも使えます。将来を直接確かめることはできませんが、古い年代の数値を正しく推定できれば、そのモデルは将来にも通用します。それを試す意味でも、過去に遡りたいのです。ただ、推定時期のCO₂濃度や大陸配置をつかんでい

る必要があるため、逆に地球の歴史に対する理解度を試されているわけです。

観測事実と比較できる

具体的計算を再現

理解する自信はありませんが(笑)、論文内容をご説明いただけますか?

阿部 道具は大気大循環モデルと三次元氷床力学モデルの組み合わせという世界初の手法です。循環モデルは、水蒸気・CO₂・エアロゾルなどの大気成分と、塵埃やブラック・カーボンなどの汚染物質による短期間の気温増幅効果を異なる条件で測れます。氷床モデルは大気・氷床・地殻・マン托ル間の相互作用の長期的増幅・抑制効果の測定に有用で、両モデルを連関稼働させました。

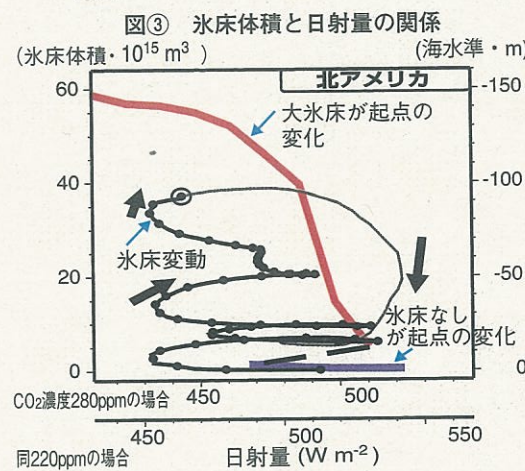
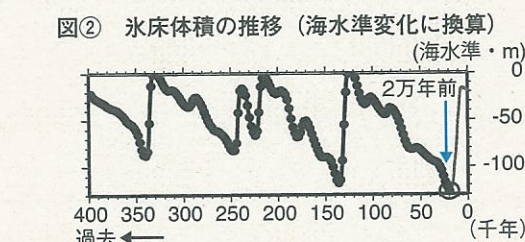
数値実験は、過去四十万年分を地球シミュレータで計算し、日射とCO₂濃度の変化に南極ドームふじ氷床コアの精密な年代を導入して再現性を高めました。氷期交代の原因となりそうな全要素を組み込み、ある要素を一定に保ち、他のどの要素が原因となるのか、順に仕分けした結果、見捨てられていた「マン托ルに浮かぶ地殻の重さと浮力が均衡」というアイソスタシー理論で説明できたのです。

地球の楕円軌道の近日点は変動周期が二万年で、北米ではその周期に合わせて氷床が増減します。日射の最大強度を決めるのは、十

年周期の公転軌道の離心率ですが、その値が小さくなると夏の日射が弱くなり氷床が成長します。すると太陽光の反射割合が高まり、

氷床が後退を始めて、すると太陽光反射が減り、地殻沈下で高度が低くなった氷床は融けやすくなります。氷床が軽くなっても地殻の復元速度は緩慢で、低下した氷床高度がすぐには戻らず、融解が一気に進んで氷期が終焉します。この上下動は一キロメートルを超えると見られ、小高い山と平地ほど差があります。この研究は、観測事実と比較できる具体的計算を再現できた点が重要です。特に、十

年周期の最後に氷床がざっと融ける現象を解明できたので説得力が増しました(図参照)。全要素で、全期間を計算したのですか。



士となりましたが、真理探究に協力したこと

CO₂濃度の変化時期などが精度高く特定できるようになりまし

観測事実と比較できる、具体的計算を再現