



理学博士

一般財団法人気象業務支援センター | 地球環境・気候研究推進室長

鬼頭昭雄

Akio Kitoh

災害をもたらす集中豪雨が毎年のように発生するなど、近年、気候が変化したと実感している人も多いだろう。その背景で、地球温暖化がどう影響しているのか。鬼頭博士は、二〇〇七年にノーベル平和賞を受賞した「IPCC」に日本代表の科学者として参加し、評価報告書の執筆責任者を務めるなど、長年、温暖化と気候変動のメカニズム解明に挑んできた。最新のデータや知見をもとに、温暖化と異常気象の関係から温暖化の緩和策まで、わかりやすく語っていただいた。

異常気象と地球温暖化の解明に挑む

一〇〇年間で 平均一・一九度暖かくなった日本

—— 極端な熱波や集中豪雨など、災害をもたらす「異常気象」

が毎年のように、日本のみならず世界各地で起こっています。

背景には地球温暖化が関わっているのでしょうか。

鬼頭 地球の気候は、人間活動

による温暖化がなくても自然に変動しているの、常にどこかで異常な気象が発生するのは、むしろ正常と言えます。しかし問題は、その強度や頻度です。自然変動に温暖化が重なると、

異常気象が激しくなったり頻繁に発生すると考えられます。

世界の年平均地上気温の変化

(図1-①)を見ると、二〇一六年が観測史上最高で、一七年も三位以内に入るだろうとみられています。長期的には、一〇〇

年当たり約〇・七二度の割合で上昇してきました。年々、世界の平均気温が一直線に上昇してきたわけではありません。詳しく見ると、一九一〇年ごろから四五五年にかけて上昇した後、

七〇年代まで上昇せず、短期的に下降傾向の期間がありました。九八年からの十数年間も上昇が鈍り、温暖化停滞かと話題になりました。これを見て「地球温暖化なんて嘘だ」と言う人もいました。

—— 大気の余分な熱が海の深い

ところまで波及するなど、自然変動が温暖化を打ち消す方向に作用したと、ご著書で「停滞」の理由を述べられています。

鬼頭 海全体の水温が上がりが続けたこともわかっています。

九八年は「エルニーニョ現象(注1)」が発生し、統計開始以来、最も海面水温の高い年でした。

その後、自然変動により温暖化の停滞現象が起こりましたが、二〇一四年に再びエルニーニョ現象が発生し、それから世界の年平均気温は三年連続で最高値を更新してきたのです。

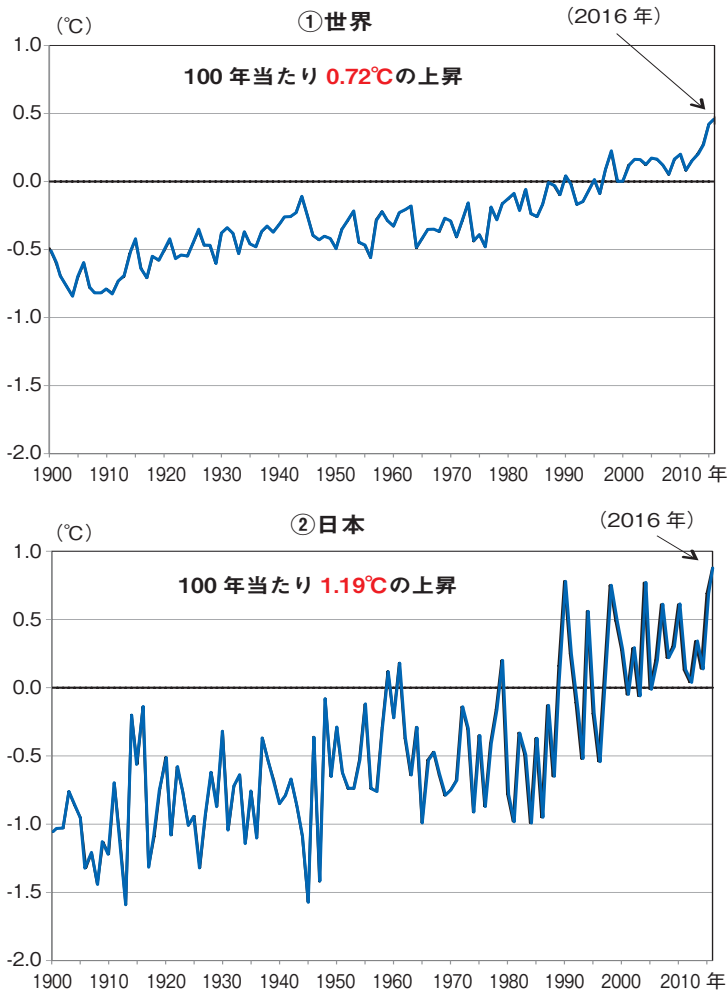
日本の年平均地上気温の変化

(図1-②)は、世界に比べて狭い範囲で測定しているの振れ幅が大きいですが、長期傾向としては、一〇〇年当たり約一・

一九度の割合で上昇しています。日本の平均気温の上昇率は世界よりも高くなっています。—— なぜでしょうか。
鬼頭 日本の平均気温は陸上を対象とする一方で、世界の場合

注1/エルニーニョ現象
太平洋赤道域の日付変更線付近から南米沿岸にかけて海面水温が平年より高くなり、その状態が一年程度続く現象のこと。これとは逆に、同じ海域で海面水温が平年より低い状態が続く現象はラニーニャ現象と呼ばれ、それぞれ数年に一度発生する。

図1 世界と日本の年平均地上気温の変化(1900～2016年)
基準年(1981～2010年の30年平均値)からの差



注2/ヒートアイランド現象 都市の気温が周囲よりも高くなる現象のこと。気温の分布図を描くと、高温域が都市を中心に島のような形状に分布することから、このように呼ばれる。

は海上も対象に含めていることが一番の要因でしょう。海上に比べると陸上は暖まりやすい。陸上だけで年平均気温の変化を見れば、上昇率は緯度によって異なります。低緯度の熱帯域はそれほど上がっていない一方で、高緯度の北極域での昇温は世界平均よりかなり高い。雪や氷に覆われる北極域は暖かくなると雪氷面積が減り、太陽光の吸収が増えて気温上昇が加速さ

れるのです。中緯度に位置する日本の気温変化は、世界の陸上だけの平均と同程度かもしれない。ただ、日本の都市部では地球温暖化にヒートアイランド現象(注2)の影響も加わり、もっと気温が上がっています。東京の場合、一〇〇年間で約三度も上昇しました。日本の気温は温暖化で一〇〇年当たり約一・一九度上昇したと言いましたが、東京は

その上昇に加え、ヒートアイランド現象で二度近く上がったのです。

——都市部でヒートアイランド現象が起こる要因は何ですか。

鬼頭 都市化で草地や森林などがアスファルトやコンクリートに変わる。すると、その地表は水分が浸み込まず、乾燥しやすくなります。草地など湿っている地面は、水分が蒸発する際に熱を奪うことで気温上昇が抑えられますが、乾燥したアスファルト地面ではそれが起こりません。日中にヒートアイランドを形成する要因です。

またコンクリートの建造物は

温暖化が集中豪雨やスーパー台風を引き起こす

——温暖化が異常気象の強度や頻度を増す、ということですが、具体的に何が起るのですか。

鬼頭 顕著なのは、大雨や強い雨です。大雨の日数が増加し、短時間に局所的に降る強い雨も増加しています。一日の降水量が四〇〇ミリ以上の大雨が降

太陽光や地面からの反射光などを吸収してしまいます。日中に蓄えられたその熱が放出され、夜間もヒートアイランドが起こる。さらに、人工排熱の影響もあります。エアコンや工場・自動車からの排熱は、昼夜を問わずヒートアイランドの要因になります。

日本の都市部の気温上昇は、地球温暖化よりも都市化の影響のほうが大きいと見積もられています。とはいえ、東京などは都市化が飽和に近づき、今後は地球温暖化による気温上昇が、ヒートアイランド現象の影響を上回る可能性が高いと思います。

る年間日数、一時間の降水量が八〇ミリ以上の猛烈な雨が降る回数は、どちらも過去四〇年間の統計で増加傾向がはっきりと現れています。気象庁は、顕著な災害をもたらした気象現象に名前をつけていますが、「平成二十九年七月九州北部豪雨」を



きとう・あきお ● 1953年、大阪府生まれ。京都大学大学院理学研究科博士後期課程中退。京都大学理学博士。気象庁気象研究所気候研究部長、筑波大学生命環境系主幹研究員を経て、現在は一般財団法人気象業務支援センター地球環境・気候研究推進室長。気象庁気象研究所客員研究員を兼務。約20年にわたりIPCC（気候変動に関する政府間パネル）第1作業部会第2次～第5次評価報告書の執筆責任者を務めた。専門は気候変動、モンスーン。著書に『気候は変えられるか?』（ウェッジ選書）、『異常気象と地球温暖化——未来に何が待っているか』（岩波新書）などがある。

はじめ、この一〇年で七つもあ
ります。梅雨末期のほか、秋雨
時期の豪雨もありました。

——温暖化と豪雨にどのような
因果関係があるのでしょうか。

鬼頭 温暖化で気温が上昇する
と降水量の増加につながりま
す。大気中に含み得る水蒸気
量は、気温が高いほど増えるか
らです。しかもその増え方は指
数関数的なんです。気温が一度
上がると、大気中の水蒸気量は
七％増える。三度上がれば、複
利のように一・〇七の三乗倍に

増えていく。温暖化に伴い大気
中の水蒸気量が何乗倍にも増え
ているのです。

水が地表面から蒸発するとき
には熱を奪うので、水蒸気は見
えない形で熱を持っています。
気体である水蒸気は、水や氷の
雲になるときに、その熱を大気
中に放出します。すると、そこ
の気温が上がり大気不安定に
なっていく。上昇気流が強まり、
周りから湿った空気が入って
くる。それがまた上昇し、熱が放
出される……連鎖的に豪雨へとつな

がるのです。広い範囲から湿った
空気を集めるような気象条件に
なっていると、雨が長続きして大
雨になるわけです。

温暖化で強い雨が増えている
一方で、この五〇年間は中心気
圧の低い台風が日本（本州四島）
に上陸していません。一九三四
年の室戸台風は上陸時の中心気
圧が約九一二hPa（ヘクトパス
カル）、一九五九年の伊勢湾台
風は約九二九hPaでしたが、近
年上陸した台風は一番低くて
九五〇hPaほどです。

——フィリピン沖などでは最低
気圧が九〇〇hPa以下の台風も
発生しているのに、なぜ日本に
来ないのでしょうか。

鬼頭 日本付近の海水温は南の
海上に比べると低く、強い台風
がフィリピン沖で発生しても、
日本に来るまでには温度が低い
海域を通るので衰弱します。た
だ、温暖化によって海水温も上
昇しています。今のところ、な
ぜ日本に強い台風が来ないの
か、実はわからないんです。理
論上は、温暖化によって日本近
海も海水温が上昇するので、台

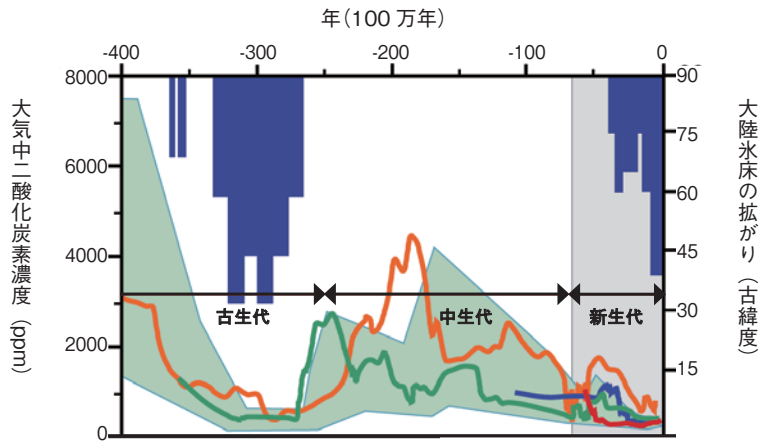
風は衰えにくくなる。日本にも
スーパー台風が強度を維持した
まま上陸する可能性がありま
す。

台風の発生頻度や強度・経路
についての研究は進んでおり、
今後、世界全体で熱帯低気圧の
発生は減ると予測されていま
す。温暖化によって、熱帯では
地面付近よりも上空一〇キロ以
上の対流圏上部のほうが暖かく
なり、大気はより安定的になる
からです。熱帯の上空が暖まっ
て安定化すると上昇流を弱め
て、低気圧性の渦を生み出しに
くくなります。そのため、温暖
化により熱帯低気圧の発生数は
減ると考えられるのです。

——台風は数が減る、けれども
強くなる、ということですか。

鬼頭 ええ。いったん発生する
と、海水温が上昇していること
により、大気中の水蒸気量も増
えているので、衰弱しにくいと
同時に、より発達することがで
きます。最大風速が毎秒六〇
メートルを超えるような強い台
風はむしろ増えると考えられま
す。

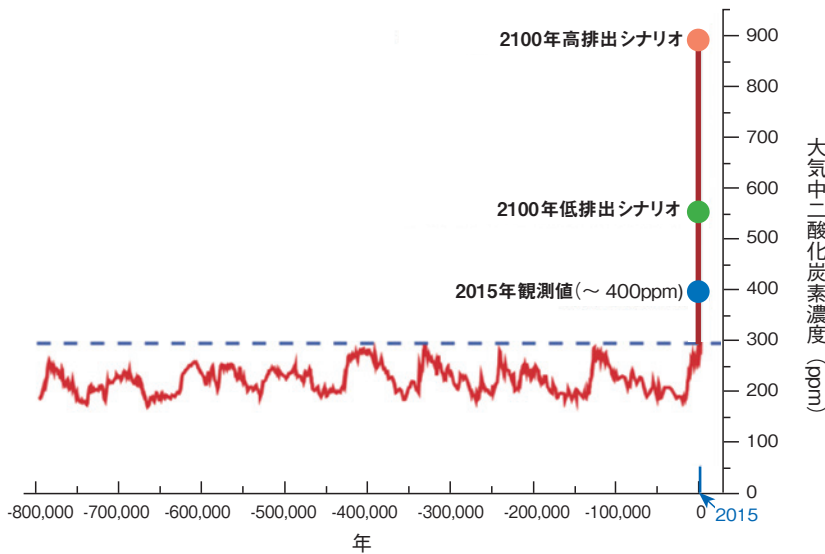
図2 過去4億年間の大気中二酸化炭素濃度 (IPCC第4次評価報告書の図を改変)



- ・青色の面(右目盛)は、その時代において北極点(あるいは南極点)から氷床がどの緯度まで南下(あるいは北上)し、それがどの程度の期間にわたって持続したかの推計値を示したもののイメージとしては、古生代のある期間には、北極から北緯30度、現在の鹿児島屋久島あたりまで氷に覆われていたことになる。
- ・オレンジ、緑、青、赤のグラフおよび緑色の領域(いずれも左目盛)は、大気中二酸化炭素濃度の過去における変化の各種推計値。

(出典: Figure 6.1 from *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.)

図3 過去80万年間の大気中二酸化炭素濃度および将来シナリオ



(データソース: NOAA NCEI Paleoclimatology Program)

氷期に向かう自然サイクルも狂わせた

——そもそも温暖化は人間活動が原因なのでしょうか。

鬼頭 世界の科学者が参加する

国連「気候変動に関する政府間

パネル(IPCC=Intergovernmental

Panel on Climate Change)」は

二〇一三―一四年に公表した最

新報告書で「温暖化の原因が人

間活動による温室効果ガスの増

加である可能性がきわめて高い

(九五%以上の信頼性)」として

います。〇七年の報告書では「可

能性が非常に高い(九〇%以上の信頼性)」にとどまっています

たから、着実な科学の進歩と共に、今日では人間活動で地球温

暖化したことがより確かになっ

ています。

——では、なぜ温室効果ガスが増えると温暖化するのですか。

鬼頭 地球の気温は、太陽から

受けるエネルギーと、宇宙へ

放出するエネルギーのバランス

で決まります。地球は太陽放射

の吸収で暖まる一方、赤外線に

よる放出で冷えているわけで

す。温室効果ガスは太陽が放射

する可視光線を吸収しにくい反

面、地表から放射される赤外線

は吸収するという性質がありま

す。そんなガスが急激に増加す

ると、地表から宇宙へのエネル

ギー放出を妨げ、全体の収支バ

ランスを崩すことになる。地球

観測衛星の最近の観測では、地

球が吸収しているエネルギーが

一平方メートル当たり三四〇

ワット、宇宙への放出は合計で

三三九ワットでした。わずかに

ワットの入超ですが、これが地

球を暖めているのです。

——温室効果ガスで最も重要な

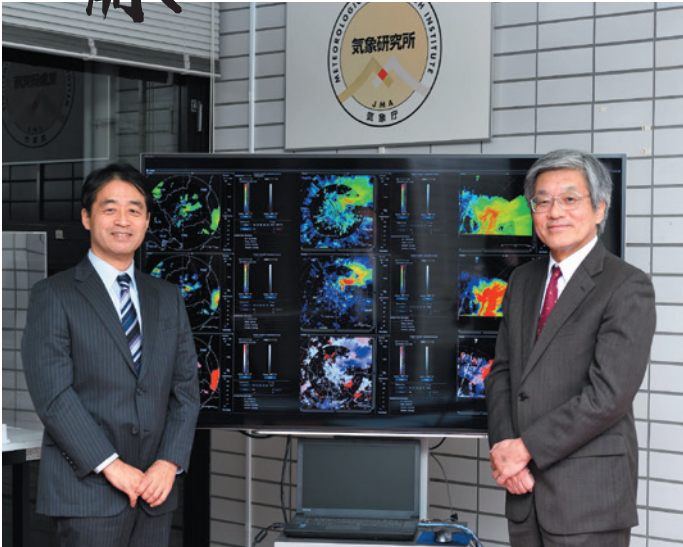
気体は、他のガスに比べて寿命

が長い二酸化炭素ですが、人間

活動によってどれくらい増えた

のでしょうか。

鬼頭 大気中の二酸化炭素濃度の直接観測は一九五〇年代後半から始まりましたが、二〇一五年には四〇〇ppmに達しました



た。一八五〇年ごろの産業革命の前は数百年にわたり二八〇ppm程度だったと推定されるので、四三%も増えたことになりました。

太古の地球環境、例えば恐竜がいた時代においては、これ以上に高い時代もありました(図2)。気温もとても高かった。しかし、われわれ人類が進化の過程を歩んだ過去八〇万年を振り返ると、この一五〇年ほどの二酸化炭素の増加テンポと水準は

かつて人類が経験したことが無いものであり、先行きはさらに高くなります(図3)。

なお、付け加えれば「氷期」と「間氷期」のサイクルをこの間繰り返してきました。最後の氷期は一万年前に終わりを告げ、現在の地球は間氷期にあります。本来なら一五〇〇年ほど先にまた氷期が訪れるはずなんです。ところが、二酸化炭素が急激に増加したために、緩やかに氷期に向かうはずの自然のサイクルが狂ってしまいました。

——一五年の国連気候変動枠組条約第二回締約国会議(COP21)でパリ協定が採択され、世界各国が二酸化炭素など温室効果ガスを削減することに合意しました。

鬼頭 パリ協定では、「産業革命前からの世界の平均気温の上昇を二度より十分低く抑える(二度目標)」と定めています。パリ協定への道にはIPCCの「科学」の力が大きく関わっていますが、先述の最新報告書では「二酸化炭素の累積排出量と世界平均地上気温の上昇が、ほぼ比例する」と結論づけています。累

積排出量とは、人類がこれまでに大気中に出してきた二酸化炭素の総量です。

——協定の「二度目標」の達成には累積排出量をどれくらいに抑えなければいけませんか。

鬼頭 IPCCの予測シナリオによると、「六六%を超える確率で二度未満に抑える」には累積の二酸化炭素排出量を炭素換算で七九〇億トン以下に抑える必要があるとしています。これまで(一一年まで)の排出量は約五一五〇億トンなので、閾値まで残り二七五〇億トン。今年間排出量が約一〇〇億トンです。このままだと三〇年未だで限界に達します。

世界各国はパリ協定の採択前に「約束草案」を提出し、自国がどれくらい二酸化炭素を排出(削減)するか、自国の目標を示しています。しかし、それらが全て守られても、二一〇〇年までに地球の平均気温は二・四〜二・七度上がると予測されているんです。協定採択によって各国は五年ごとに新たな約束を交わすことになっていますが、「二

度目標」を下回るレベルにまで、もっと排出量を削減する約束をしなければいけません。

——日本は、どのような約束をしていますか。

鬼頭 二〇三〇年までに、温室効果ガス排出量を一三年と比べ二六%削減する」としています。総量が効いてくるので、早い時点で下げていかないと、あとで苦しくなります。

今後、日本は人口減少が一段と進むと予測されていますが、二酸化炭素の排出を削減する観点から見れば、人口が少なくなればエネルギー消費の総量を抑えられるという点で良いことも言えます。また、エネルギーの消費だけでなく、自然エネルギーの利用など供給の仕方を変えて二酸化炭素の排出を抑制することにも、日本は貢献できるはずです。他国が脱炭素社会に向かうなか、日本も政策面・技術面で後れをとらず、世界をリードするべきでしょう。

——本日は、ありがとうございました。

(聞き手/情報サービス局長・鶴海誠一)