

地球温暖化が水循環へ与える影響と求められる対策



1943年兵庫県生まれ。京都大学工学部土木工学科、大学院工学研究科修士課程、博士課程を修了。京都大学工学部講師、助教授を経て、1979年2月より京都大学防災研究所教授、研究所長(2年間)を歴任。2007年3月定年退職、名誉教授となる。現在は(公財)河川財団研究フェロー。土木学会理事・関西支部長、水文・水資源学会会長、国土交通省国土審議会、社会資本整備審議会、林野庁林政審議会委員、淀川・紀ノ川・九頭竜川流域委員会委員などを歴任。著書に「水資源工学」(森北出版)、「エース水文学」(共著、朝倉出版)、「ダムと環境の科学1:ダム下流生態系」(編著、京大出版)等。

1951年青森県弘前市出身。東京工業大学工学部土木工学科卒、同大学大学院修士課程修了。(株)建設技術研究所東京支社河川本部長、管理本部長、九州支社長、東京本社社長を経て、2013年3月より代表取締役社長。(一社)建設コンサルタンツ協会 河川計画専門委員長、企画委員会委員長、九州支部副支部長、常任委員長、関東支部副支部長を歴任。土木学会 企画委員会委員、技術推進機構継続教育実施委員会幹事長、教育・企画委員会委員、論説委員会委員、理事を歴任。技術士(建設部門、総合監理部門)、APEC Engineer (Civil)、土木学会特別上級土木技術者(流域・都市)。

地球温暖化と将来予測

村田:2014年7月に『水循環基本法』が施行されました。この法律では水循環を「水が蒸発、降下、流下又は浸透により、海域等に至る過程で、地表水または地下水として河川の流域を中心に循環することをいう」と定義しています。また「健全な水循環」についても、「人の活動及び環境保全に水の機能が適切に保たれた状態での水循環」と述べています。一方では、人の活動によって温暖化が進み、従来の水循環に変化が生じています。その影響を解決するための緩和策・適応策などについてお話を伺いたいと思います。まずは現状を正しく認識するために、地球温暖化によってどのような状態が発生しているのか説明をお願いいたします。

池淵:1900年以降の観測データからは気温が年々上昇し、地球温暖化がある程度具現化しています。地球を覆う大気層では、温室効果で温められると大気温度差のバランスが変わり、風の流れが変化するとともに、温度が高くなると蒸発する水分が多くなり、その水分供給が凝結して雲となり、その際、発生する熱により大気の循環がさらに乱れ、対流活動も活発化します。その結果、雨が強くなったり、早ばつといった極端現象が増えるのです。

村田:大気中への二酸化炭素(CO₂)の排出が地球温暖化に与える影響、人為的な影響の程度はどのように説明されているのですか。数値モデルによる検証や予測も行われていますが、モデルの構成や課題、モデルによって理解できた現象などについて解説して下さい。

池淵:地球温暖化がもたらす気温とか降水量の変化は、世界的にモデルの精緻化が進み、大気、海洋や陸域を結合した気候システムモデルで、全球を20kmグリッドで計算できるようになって来ています。この気候モデルで19世紀後半から20世紀後半までの気候変動の再現実験もされ、モデルの信頼性はかなり高まって来ています。将来予測は、このモデルに外力としていくつかのCO₂排出シナリオを与えて推計しています。

村田:最新モデルでは、日本や世界において、どのような影響を受けることが予測されているのですか。

池淵:東京大学気候システム研究センターの木本昌秀教授の研究では、1900～2100年までの雨を出力していますが、再現はもとより将来にあっても無降水日の増加、少雨日の減少、多雨日の増加が予測されています(図1)。海面水温の上昇とともに台風の数は減りますが、一個あたりの降水量は増加すること、また梅雨の期間は西南日本であれば、7月上旬とか8月上旬に雨量が大きくなること、降雪量の減と融雪の早期化が進むことな

どもでています。不確実さはそれなりにありますが、変化の傾向がわかる予測が得られています。

不確実性との向き合い方

村田:健全な水循環を考える上で、温暖化はどのような影響を与えるのですか。気候変動に対する緩和策の進展程度に応じて、温室効果ガス濃度が変動するため、適応策の前提となる気候変動にも複数のシナリオが想定されています。この場合、治水や利水に対するリスクはどのように評価すべきですか。

池淵:温暖化の水分野への影響は図2のようにいろいろあります。温暖化の進行予測にあつてはCO₂排出削減を目指す緩和策がいくつかのシナリオとして描かれています。国内外を含めて削減目標の設定は議論の大きいところですが、シナリオシミュレーション結果の確率処理によって、治水や利水のための施設整備の計画外力を定めてよいかどうか慎重な検討が必要です。既存施設の治水や利水の安全度を維持するためには、明らかに容量を増やさない限りは対応できないとしても、いままで実績値に基づく考えで行ってきたことと違う考え方も必要です。不確実性のある中で意思決定するのは簡単ではありません。不確実性の内容が、今まで扱って来たものとは違う側面を持っています。

村田:今、そのシナリオは、どのくらいあるのですか。

池淵:今は、21世紀末でCO₂濃度がどれくらいになるのか、濃度が漸増するシナリオで、このままなにもしないケース(970ppm)から、860、700、540ppmなどがあります。エコや環境技術が進むと700ppm、京都議定書の時は全球で860ppmくらいでした。

村田:そういう意味では、緩和策と合わせて、最大から最少まで幅広く検討されている中で、どのシナリオを選ぶかということが非常に大きな問題ですね。

池淵:どれか選べるのか、という視点もあります。緩和策としてエネルギー構成割合、再生可能エネルギー、低炭素社会、交通流・物流のエコ化・省エネ化などが、一

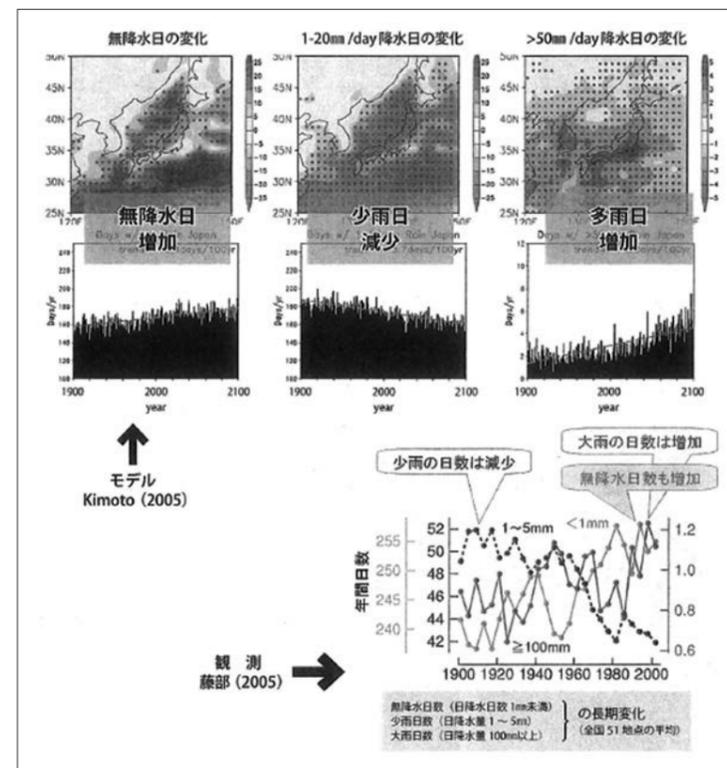


図1 降水量の変化

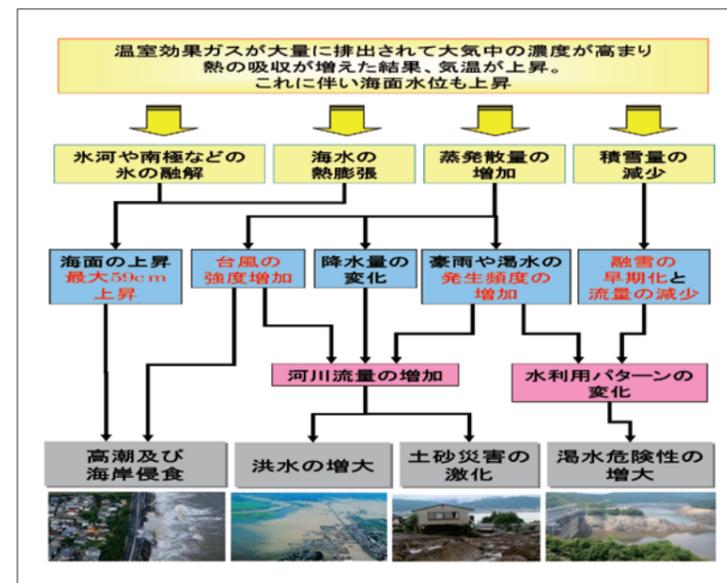


図2 地球温暖化が水分野にもたらす脅威

方、適応策についても例えば、治水容量をアップするために既存のダムを嵩上げし、利水容量については、もっとマネジメントで水需要を減らし、容量を増やすことと連携させて、運用・融通し合うとかの適応策があります。温暖化の予測精度やリスク評価の精度を上げると同時に、監視体制も強化する必要があります。

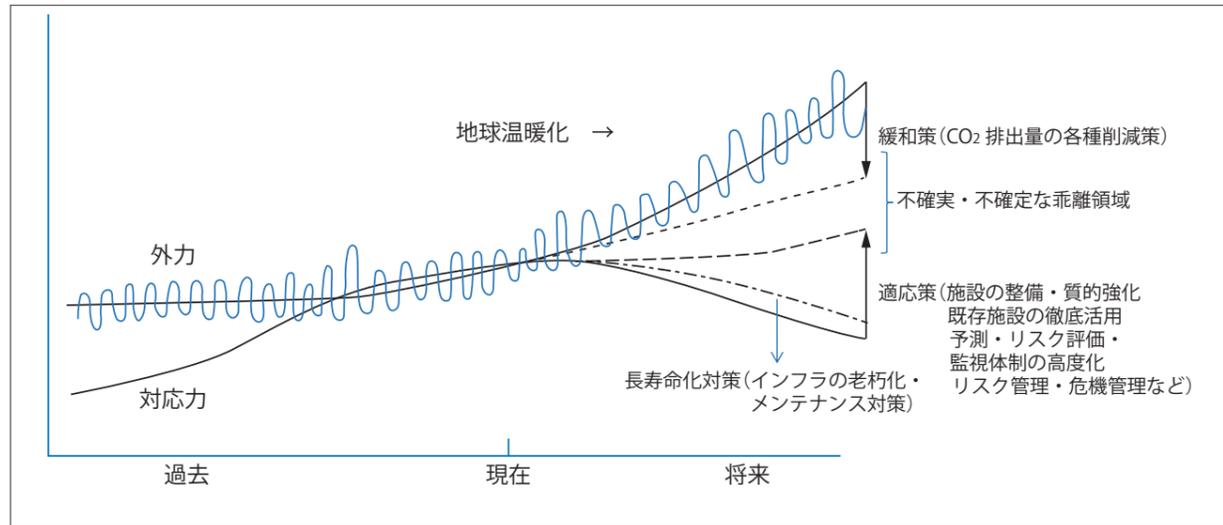


図3 地球温暖化に伴う緩和策と適応策の関係

村田:想定外とか想定内とか言っているところが、シナリオの中にもありますし、シナリオに無くても、それに別れた別の要素が関係して来ます。

池淵:シナリオに無くても、将来起こるかもしれない確率は皆無ではありません。そういう意味で、計画論の外に最大規模クラスや最悪シナリオを想定して備えることも必要です。図3は九州大学の小松利光名誉教授の図を参考に加筆したものです。対応策として適応策や緩和策があり、それらを両立させる必要があるといわれています。低炭素社会をつくること一つとっても難しい。不確実性の中ではどこまで出来るのかも難しい。不確実性への対応は知見や科学的根拠が高まっていく中で、施策の選択は弾力的に検討する姿勢にならざるを得ません。ただ、明らかにゆっくりと来るもの、例えば海面水位の上昇は、かなり明確にリスクを出すことができるので、対応を考えることもできます。

村田:普通の人からすると、温暖化現象が大きくなった時の被害があまりよく分かりませんので、分かり易く示す必要があります。気候変動による影響は国内均一ではないため、地域ごとにそのリスクが異なります。加えて、現状の安全度のレベルや想定される被害レベルも地域により異なります。これからの50～100年の超長期を視野に入れた新たな防災計画、防災に携わる技術者、建設コンサルタントとしての取組みに期待することなどを聞かせて下さい。

池淵:今できることはリスク評価です。現状でのリスクはどうなのか。どういう施策に対してはどういう指標でリスクを評価し、どう実行するのか、温暖化の計算出力を

活かして予防先行するのがリスク評価です。そのリスク評価に基づき、たとえば適応策の一つである施設整備であれば、どこに、どのような施設を設けると、どのようなリスク軽減が図られるか、といったことを検討することになります。巨大な外力に施設整備だけで対応できるはずはありませんが、その閾値をどこに置くかも課題です。今まで、計画規模を越えたものは、ハザードマップやソフト対策で対応していましたが、地球温暖化に対してはさらに閾値が上がる可能性があり、施設計画外力をどのように定めるのがいいのか、これもテーマですので、適応策の具体案の見きわめも難しいですね。別次元のハードとソフトを考える必要があるのか、どういうシナリオに基づいた構造で人の命を守る手当をするのか、そうしたことを強く考えなければならぬ時代になって来ています。

リスク評価技術の必要性

村田:これまでの話を伺うと、今まで分かって来たことに加え、さらにもう一歩進めて現象を理解しなければならないことや、それらをきちんと観測できる体制を構築しなければならないようです。また、これまでの延長上の計画論ではないので、考え方そのものを変える必要があるようにも思います。

池淵:そういう方向で、そう持って行かざるを得ませんね。

村田:これから人口が減少して高齢化社会になった時、場合によっては、ある地域をしっかりと守るためにコンパクト化した上で、その守り方にどの様なシナリオを当

てはめるのか、逆に、そこから離れた地域では、これまでと異なる守り方を考えていくことが必要なのかもしれません。

池淵:なかなか踏み込めないのは、シナリオの選択やその信憑性や確信度をどう見たらいいのかも関係していますね。科学的根拠が地球温暖化の政策決定者を動かす大きな道具になって来たことは、世界的にも認められる傾向にあります。従って、説明力、理屈、仕組み等が、納得いく方法で取り込まれているか、将来の計算値の信憑性はどのくらいかを理解することが必要です。もちろん、予測はシナリオベースですから、その値が連続と続くのか弾力的に見守らざるを得ませんが。

村田:いずれにしても、予測モデルや被害シナリオをきちんと構築し、確実に予測されることの対策はしっかりやる必要があるということですね。

池淵:すると今度は、その優先順位をどう付けるかが問題になります。先にも述べましたが、リスクがどこに存在しているのか、どういう災害に対して存在しているのか、そういうリスクの評価技術が必要です。この頃は、あらゆる災害の規模が大きくなり、複合災害化の側面もあります。各地域の災害のポテンシャルを見ると同時に、それに対してどこにリスクがあるのか、何を以て評価するかが課題のようです。現在の日本では、被害で評価しています。被害を軽減できる効果といった観点で適応策を取って来ました。どういうリスク軽減に結び付けるか、適応策をどう描くか、優先順位をどうするかが、まだ設定しきれていないのです。だから今、焦点の当て方はリスク評価とその技術の高度化に向かっている傾向にあります。

リスクコミュニケーションと今後の方向性

村田:我々建設コンサルタントは、今まで、ある一定の予条件の下で検討することが中心で、今お話しのようなことは実施して来なかったように思います。その場合、地域や国民が期待するニーズに応えるためには合意形成、リスクコミュニケーションが重要だと思います。この時に留意すべき点はどのようにお考えですか。

池淵:今まではデータ至上主義でした。これからの将来の推定値は、不確かさが内在された中で、どういう値を持ち込めるのかといった新しい思考で対応しない限りは難しいでしょうね。ただ難しさがありますが、地球温暖化の影響とそれへの対応策を認識するためにもシナリオ型とは言え、その出力の傾向やリスクの存在、リスク軽減策が見える形で表現することが必要です。

村田:今、東日本大震災の被災地で行っている様に、災害から逃れられる場所に生活空間を造るなど、本質的に危険性を無くすことも方法の一つです。しかし、なかなかそこには到達できませんので、段階を踏みながら、私たちが住み続ける国土をどういうシナリオで造っていくのかを、土木技術者として考えていく必要がありますね。

池淵:今までの国土経営では、どんな地域にも公平に公共サービスを提供してきましたが、今後はインフラ整備にあっても各種リスクの存在とその軽減効果を踏まえ、選択と集中が必要ですね。人が減る中で、そこに人がいなければ災害にはならないとの観点から移転も含めて、どこまで整備するか考えなければなりません。適応策の中に含まれるインフラの維持管理の技術開発やリスクの評価技術もあるでしょう。健全な水循環の目標を施策に移すためには、評価や効果の検討が必要です。健全性の指標とは何か、制約条件もある中で、関係機関や関係者、あるいは住民を含めて、健全な水循環の目標をどう立て、目標に向かって進める施策をどのような形で表現し、その効果をどのような指標で示せるか、それとともにリスクコミュニケーション技術を高めることが求められます。選択と集中の施策展開を参加型で協議して合意形成を図る時代ですから、なおさらです。

村田:『水循環基本法』が示している「健全な」の中には、環境も安全も含まれています。行政も学識者も我々も含めて、これから一緒に考えていかないとはいけません。

池淵:そこに建設コンサルタントの大きな役割がある。国民のニーズを把握して、内容によってはテーマの設定、埋め込み、提案をもっとしてほしい。そのことが協会、ひいては業務に携わる人材の高揚感に結びつくからです。

<図・写真提供>
図2 水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)
池淵氏・村田氏顔写真、写真1 初芝成應



写真1 対談風景(2015.1.27 建設技術研究所に於いて)