

CIDIR Report

全国地震動予測地図における地震の確率表現とリスク認知

齋藤 さやか

地震動予測地図には、「今後30年以内に各地点で震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」が色別に表示されている。そこに示される地震発生の確率表現に対し、見る人はいかに「不安」や「対策の必要性」を感じているか。地図では3%以上であれば発生確率が「高い」とされるが、より日常的な天気予報の降水確率などと比較すると、3%はなかなかイメージすることが難しい数値であろう。2016年4月に熊本地震が発生した際、「益城町で8%と比較的低かったが、マグニチュード7.3の大地震が起きた」と報じられている(『朝日新聞』2016年6月11日)。また、地震調査研究推進本部によるこれまでの調査では「発生確率で示されても意味がわからない」、「確率を計算する期間(30年)が長すぎる」といった声を示されている。専門家が示す地震動予測地図の確率表現と、一般的なリスク認知の間にはギャップがあると考えられる。そこで、地図に表示されている「30年確率」を軸に、ポアソン分布に従い「5年確率」(5年以内に発生する確率%)、「1年確率」(1年以内に発生する確率%)、さらに「平均発生間隔」(〇年に1回)といった表現に換算し(表1)、その影響について調査を行った。地図で確率が高いとされる3%の他、より濃い赤で示され区切りとなっている「26%」、及び、先行の研究で人がリスクに敏感になると示されている「50%」を設定した。

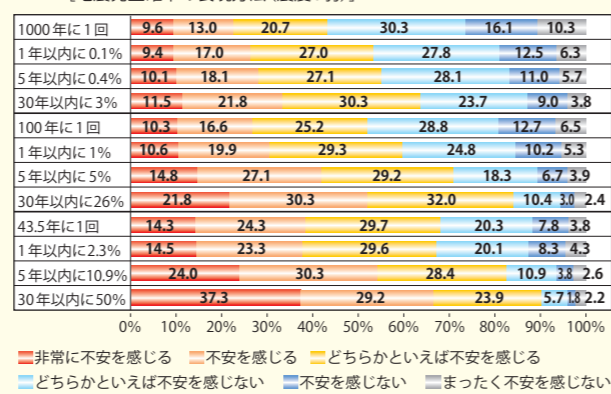
調査は2017年3月、全国20~60代の男女個人、性・年代均等割付で、2,400人を対象に実施した。結果からわかったことは、科学的には同じ地震発生確率でも、表現方法によって人の認知のされ方が大きく異なることである(図1)。図において□で囲った枠内、例えば一番下の「30年以内に50%」とその3~4行上の「1年以内に2.3%」、「43.5年に1回」は、統計的にはすべて同じ確率であることを示しているにもかかわらず、「非常に不安を感じる」人の割合は、2.5倍以上の差がある。感じる「不安」についてと同様に、地震に対する「対策の必要性」の認識についても調査したが、同じように%の高さに応じて、必要性を認識していることがわかった。すなわち、人は確率の数値の大きさに最も影響を受けて、判断しているのである。

こうしたことから、地震動予測地図の確率表現について「30年は期間が長すぎてわかりにくい」との理由から、5年確率・1年確率を採用するとどうなるか。その分、%で表示される数値は低くなるため危機感が伝わりにくくなるのではないか。そうした点に留意し、地震発生のリスクを伝達していく方法を考えていく必要がある。今後さらに、より効果的なリスクの表現方法について検討していく予定である。

表1 確率表現換算表

30年確立 (地震動予測地図)	1年確立 (平均発生率) に換算すると...	5年確立に 換算すると...	〇年に1回に 換算すると...
3.0%	0.1%	0.4%	約1000年に1回
26.0%	1.0%	5.0%	約100年に1回
50.0%	2.3%	10.9%	約43.5年に1回

図1 地震の確率表現とリスク認知に関する調査結果
[地震発生確率の表現方法(震度6弱)]



防災コラム 朝倉市の災害対策本部の運営

九州北部豪雨の災害対応をしている朝倉市に行った。7月10日に朝倉市災害対策本部に入ったときには、自衛隊、警察、国土交通省などが本部にいたが朝倉市の職員はほぼ不在だった。そのため、被害と対応の状況が一元的に把握できず、市職員と他機関の効果的な連携体制は構築されていなかった。そもそも市職員の役割分担が整理できていないため、どこで、誰が、何を行っているのかを本部で把握することも容易ではなかった。

7月12日に再び朝倉市の災害対策本部に入り、市職員に対し災害対応プロセスを説明し、災害対応の全体像を把握してもらい災害対策本部の運営方法についても議論した。その結果、翌13日に災害対策本部が機能しやすいように、本部のレイアウトを変更し、それまでなかった災害対策本部の看板を設置し、マスコミの自由な出入りも制限し、役割分担表を作成し、電話・パソコン・プリンターなど機材を設置し、職員がベストを着用し、福岡県職員と市職員を隣同士に配置し、本部の動線を確認するなど、各種の改善を行った。その結果、現場の情報が本部に入り、対応ができるようになるなど、本部の運営が大幅に改善された。

過去の災害対応における災害対策本部の運営については、これまで多くの課題や教訓が得られているものの、それを伝承するための仕組みが存在していない。そもそも災害対策本部の運営訓練に関する各種の研修プログラムが存在するが、実践的な訓練を提供するものは少ない。過去の災害対応の教訓を伝承するためには、実践的な災害対策本部の運営訓練の提供に加えて、行政職員が訓練を受講しやすい環境構築が求められる。(沼田宗純)

編集後記 CIDIRの窓から

本号では、カスリーン台風から何を学び、どう評価するのかをテーマとした。当時から社会状況が変わり、どのような事前の準備を行い被害抑止・軽減を図るのか、効果的な事後の対応を行うためにはどのような準備を行うのかを考える機会とした。カスリーン台風から70年が経過した今、改めてその特徴を学ぶことで、次の台風への備えをしていきたい。(沼田)

CIDIR Chronicle (2017.5.1~2017.7.30)

- 9 えびの高原(硫黄山)周辺の噴火警戒レベルを1(活火山であることに留意)から2(火口周辺規制)に引き上げと発表(5月9日気象庁)
- 11 第89回ライフライン・マスコミ連携講座:「首都圏大規模水害の想定と対策」
- 中国の新疆ウイグル自治区で11日朝、マグニチュード(M)5.4の地震が発生、8人が死亡、23人が負傷、1500棟余りが倒壊(5月11日AFP)
- 18 ケニア北部・海岸部で洪水が発生、26人が死亡(5月18日ADRC)
- 24 三宅准教授、JpGU-AGU Joint Meeting 2017にて口頭発表
- 25 関谷特任准教授、国土交通大学校専門課程「災害情報」水害に対する危機管理能力向上研修
- 29 片田特任教授、江東5区広域避難推進協議会にて講演「大規模水害時における広域避難実現社会の構築について」
- 30 ロシアの首都モスクワで暴風雨による倒木などで13人が死亡、70人が重軽傷(5月30日AFP)
- 31 スリランカで豪雨による洪水や土砂崩れにより202人が死亡、96人が行方不明(5月31日AFP)
- Jun.
 - 1 第90回ライフライン・マスコミ連携講座:「都市と河川氾濫」
 - 3 片田特任教授、木曾川下流河川事務所主催「広域避難実現プロジェクト~大規模水害時の犠牲者ゼロの実現に向けて~」において、シンポジウムアドバイザーとして登壇
 - 7 田中センター長、消防庁主催平成29年度全国防災・危機管理トップセミナー(市長向け)にて講演:「災害発生時における初動対応の重要性について」
 - 9 齋藤さやか特任研究員、第40回地域安全学会研究発表会(文部科学省リスクコミュニケーションセッション)にて口頭発表 優秀発表賞を受賞:「地震発生確率とリスク認知—地震動予測地図の認識に関する基礎的検討」
 - 関谷特任准教授、論文「東京電力福島第一原子力発電所事故後の放射性物質汚染に関する消費者心理の調査研究—福島における農業の再生、風評被害払拭のための要因分析—」に対して、地域安全学会年間論文賞を受賞。
 - 14 英国ロンドン西部の高層住宅で発生した大規模火災で79人が死亡、行方不明79人(6月19日AFP)
 - 15 目黒教授、REIC防災セミナーにて講演:「今後の巨大災害対策:貧乏になる中での総力戦を戦うために、災害対策のコストからバリュウへの意識改革」
 - バングラディッシュ南東部の豪雨に伴い土砂崩れが発生、152人が死亡(6月15日AFP)
 - 17 ポルトガル中部で大規模な森林火災が発生、63人が死亡(6月20日AFP)
 - 23 関谷特任准教授、UCL-IRDR Seminar 2017 Disaster in Japan Latest Researchにて講演:「Lessons from the Triple Disaster Emergency Evacuation in the Accident at the Fukushima Nuclear Power Stations」 Institute for Risk and Disaster Reduction, University College London
 - 24 齋藤さやか特任研究員、第36回情報通信学会大会にてポスター発表:「熊本地震における情報行動—ネット上の流言とモバイル・コミュニケーションを中心に」
 - 中国南西部の四川省で土砂崩れが発生、15人が死亡、100人以上が行方不明(6月25日AFP)
 - Jul.
 - 3 中華人民共和国中部および南部で豪雨・洪水被害により21人が死亡、14人が行方不明(7月3日AFP)
 - 5 田中センター長、消防庁主催平成29年度全国防災・危機管理トップセミナー(町村長向け)にて講演:「災害発生時における初動対応の重要性について」
 - 梅雨前線や台風第3号の影響により、九州北部で記録的な降水となる。気象庁は鳥取県・大分県・福岡県の地域に大雨特別警報を発表。大雨による人的被害は死者37人、行方不明者6人、重軽傷30人、住家被害は全壊140棟、半壊・一部破損602棟、床上浸水389棟、床下浸水1,446棟(8月1日消防庁)
 - 6 第91回ライフライン・マスコミ連携講座:「大規模水害に備えた実践と理論」
 - 10 中国中部・湖南省で洪水や土砂崩れが相次ぎ、63人が死亡、20人以上が行方不明(7月10日AFP)
 - 13 目黒教授、高圧ガス設備等耐震設計講座にて講演:「最近の地震被害を踏まえた今後の我が国の対策のあり方」
 - 15 片田特任教授、北九州市主催公開講座「地域防災への招待」にて講演:「防災が地域を変える、社会を変える」
 - 19 目黒教授、政策研究大学院大学防災連続セミナーにて講演:「最近の地震被害を踏まえて~災害レジリエンスの高い社会を実現する方策について~」
 - 26 片田特任教授、教職員支援機構主催 平成29年度教職員等中央研修(第1回副校長・教頭等研修)に登壇:「安全管理」
 - 31 三宅准教授、IAG-IASPEI 2017にて口頭発表

特集:カスリーン台風から何を学び、どう評価するのか..... page.2~3

CIDIR Report : 全国地震動予測地図における地震の確率表現とリスク認知 page.4
 防災コラム: 朝倉市の災害対策本部の運営 page.4
 編集後記: CIDIRの窓から page.4

Contents

大規模水害

東京大学大学院情報学環 片田敏孝
総合防災情報研究センター 特任教授

首都圏防災への社会的関心は、長年にわたって首都直下型地震に偏重してきたが、ここ最近になって気象災害についての関心が高まりを見せている。生活実感として感じる猛烈な暑さと高い湿度。大気が不安定と天気予報が報じるなかで、毎日のように全国のどこかで予測不能の豪雨が突如発生し、九州北部では激甚な豪雨災害が発生した。海水温の高い状態が続き、巻き上がる膨大な水蒸気が激しい豪雨をもたらし、台風が発生を促すなか、記録的短時間大雨情報の発表回数は7月だけで全国で51回と急ピッチでその数を伸ばし、台風の月間発生数は8と過去最多に並んだ。こうした最近の状況にあって、洪水災害に対する漠然とした不安が首都圏住民に芽生え始めている。

最近の豪雨災害の激甚化のなかで、首都圏においてあり得る事態として最も深刻な水害は、利根川や荒川といった河川の大規模氾濫と東京湾の高潮災害である。巨大台風が接近して河川上流域に膨大な雨が降り、水位を高めた河川が首都圏近郊で破堤氾濫した70年前のカスリーン台風のような事態や、さらに深刻な事態は河川水位が高い状態にあるタイミングで台風が東京湾に襲来し、高潮災害を併発する事態である。

首都圏のなかでも荒川下流域の江東デルタ周辺地域は、地盤沈下が進み広大な面積が海面下となっている。この河川と海に囲まれた海面下の地域は、俯瞰的に見れば薄皮一枚の堤防で守られた地域であり、堤防という土の連続構造物が一カ所でも破堤すれば、海面下の地域を満たすまで容赦なく水が流入して地域を水没させる。ひとたび水没すれば自然排水はあり得ず、堤防を仮締めした後、人為的な排水作業に数週間の間が必要となる。

この地域に暮らす住民は250万人以上と膨大であり、この避難対策は従来の防災の枠組みでは対処できない困難な問題を有している。なんとと言っても最大の課題は、膨大な避難交通をどのように処理するのかという問題である。この問題を可視化するために筆者が行ったシミュレーションによると、地域内の住民が避難を開始すると、瞬時に域内の道路はすべて車と人によって埋め尽くされ身動きができないフリーズ状態に陥る。それを回避するためには避難交通の時間的分散と空間的分散を図ることで、避難交通の集中を減らす必要がある。

しかし、ここで直ちに2つの大きな問題が生じる。まず空間的分散を図ることは、従来の避難対応である自治体内避難の枠を超えて広域避難が必要になり、受け入れ先の協力を得て水没する複数の区が連携した避難計画を策定する必要が生じる。しかし、わが国の防災は自治体単位の防災が基本となっており、このような各区が連携して、かつ広域的な避難受け入れ体制を整える広域避難対応は、前例もなければ法的な裏付けも整備されていない。

また、時間的分散を図ることは、早いタイミングで住民避難が開始されることを意味し、それに対して早期の避難の呼びかけが必要となる。しかし早いタイミングでの避難情報は空振りの可能性が高くなり、特に避難に十分な時間を確保できるほどの早い段階においては、正確な高潮予測情報を出すことは技術的に難しい。しかし一方で避難の呼びかけが遅れば、台風の接近により避難することが困難となり、水没する地域に多くの住民が取り残される深刻な事態が生じる。

ここで想定する事態の人的被害の大きさを考慮すれば、空振りに伴う社会的な影響や経済活動への影響を受け入れてでも、その可能性がある限り早いタイミングでの広域避難の開始が必要となるが、誰がどのような状況をもって広域避難が必要な事態と判断するのかという問題が生じる。この問題は技術的な問題とともに、わが国の危機管理の根幹に関わる問題であり、行政としての議論の行方と、国民の認識の深まりのなかでの落ち着きどころを注目したい。

この首都圏大規模水害・広域避難問題への行政対応は、現段階においてはまだ緒に就いたばかりである。江東5区においては各区長をメンバーに広域避難連絡協議会が設置され、5区が連携して対応策を協議し始めた。これまでの成果として、5区共同で広域避難の呼びかけを行うこと、広域避難に対応できるハザードマップを作成すること、また各区民に広域避難の必要性を認識して頂くよう共同で普及啓発活動を行うことなどが決められた。また、国の動きとしては、平成28年度には内閣府中央防災会議に広域避難に関するワーキンググループが設置され検討が議論されている。広域避難問題は、当該自治体だけの議論では対処できる問題ではなく、都道府県や国も含めて議論を深める必要がある。気象災害の極端化が進むなか、一刻も早い議論の成果を期待したい。

東京の大規模浸水は予測できるか？ 浸水予測からわかること

早稲田大学 理工学術院 教授 関根正人

気象の極端化が進み、気温だけでなく日本周辺の海水温も高い状態が続いている。今後、過剰な水蒸気の供給により、これまでにない巨大台風が首都圏を直撃したり、東京の上空に線状降水帯が居座り続けたりすることが懸念される。2015年の鬼怒川の堤防決壊に伴う浸水被害を含め近年の豪雨被害はいずれも自然豊かな流域で発生している。2000年の「東海豪雨」を除けば、大都市での深刻な浸水被害は発生していない。しかし、いざ発生するとその被害は桁違いとなる。

東京で起こる大規模浸水を可能な限り正確に予測し、その情報を事前にお知らせできるようにする。これを目指して研究を進めてきた。大都市はすべて人の手により設計され創られた空間であり、道路・下水道・都市河川などのインフラや土地利用状況についての情報はすべて我々の手元にある。このため、これらを入力し力学原理に基づいて丁寧に計算すれば、都市浸水が予測できないはずはない。この思いが研究室の学生たちの日々の地道な活動の後押し

で実を結び、昨年度末に予測手法が完成した。あわせてその予測精度が十分であることを検証することもできた。

これを使った数値計算を行うと、東京都23区でどのような規模の浸水がどのように広がっていくのかを精緻に知ることができる。たとえば、渋谷のスクランブル交差点、溜池や日比谷の交差点など浸水の危険性が高い地点が具体的にわかったほか、その地下に広がる地下街・地下鉄駅に向かってどの連絡口から水が流入しやすいかについても明らかになる。特に、道路が鉄道の下をくぐる「アンダーパス部」や地下空間には注意が必要であり、万一これらが水没するような事態になると多数の人命が危険にさらされる。事前に計算をしておくことにより起こりうる浸水の危険を把握して日頃から準備をしておき、豪雨時に適切な対応をとれば被害は最小化できるはずである。

ところで、東京で発生する豪雨被害はこの程度のもので済むと考えて大丈夫でしょうか？ これまで数値シミュレーションを通じて検討を続けてきた研

究者としては、やはりいつかもっと深刻な事態になるのではないかと危惧している。東京で発生する最悪のシナリオは、荒川の右岸堤防が決壊して、都心の低地が水没するほどの大規模浸水となる場合である。最近、耳にすることのある「首都水没」ということもできる。都心部の人口密度は極めて高く、地表の高低差が小さいこともあって、住民が容易に避難できるとは思われない。数万あるいはそれ以上の人が被災者となり、その多くが命の危険にさらされることになる。また、人が創り出した空間であるがゆえに、容易には想像のつかない複雑な浸水拡大プロセスとなることがわかってきた。たとえば、隅田川と荒川に挟まれた「江東デルタ」が被災地となる場合、氾濫水が旧中川などの内部河川に流れ込み、短時間のうちに南西に向かって伝搬し、小名木川などの河川護岸を越えた水が街に流れ出す。また、下水道内では高圧力での水の流れとなり、決壊地点よりかなり離れた地点まで速やかに到達して、その水が地上に吹き出すこともある。気がついたら周囲に水が迫っていた、ということになるのである。以前、内閣府中央防災会議により公表された「首都圏水没」のシ

ナリオと比較すると、そのプロセスはかなり複雑なものとなる一方で、浸水の規模はむしろ面積・浸水深共に小さくなるなどの結果が得られている。住民の浸水に対する認識がさらに高まり、正しい情報に基づいて避難行動をとることができれば、当時想定されたものより被害を小さくできるのではないかと。

前述の鬼怒川堤防決壊による大規模浸水時の教訓から、浸水ハザードマップの作成・公表を急ぐ傾向にある。これ自体は正しい方向と言えるが、その計算精度についての議論は十分でなく、少し軽く扱われているように思えてならない。住民の命に直結する情報は、速報性よりも信頼性が重要である。たとえば、この情報を信じて避難した住民が、避難先で命を落とすことにはならない。また、過大なリスクが提示されることにより、膨大な対策費用が必要となること、住民が希望を持てずに避難をあきらめてしまうこともあってはならない。対策の基礎となる科学的根拠は、これをはじき出す研究者や周知する行政がしっかりと責任を負えるものであるべきと考えている。

カスリーン台風から70年

国土交通省国土交通大学校 副校長 須見徹太郎

1947(昭和22)年9月16日午前0時20分頃、埼玉県北埼玉郡東村(現加須市)の利根川右岸堤防が決壊し、その氾濫流は、利根川、江戸川、大宮台地に囲まれた中川流域の低地を流れ下り、都県境の桜堤を決壊させ都内に流入、決壊から5日目の9月20日午後2時頃、東京都江戸川区の新川堤防でようやく止まった。カスリーン台風による人的被害をみれば、赤城山周辺の土砂災害や渡良瀬川の氾濫による犠牲者が多く、約1,100名の死亡者のうち群馬県、栃木県で944名とその大半を占めるものの、社会的には首都東京まで洪水が及んだこの中川低地の氾濫の影響が大きかったと言える。戦後急速に市街化が進んだこの地域にカスリーン台風の氾濫が再来したら直接経済被害が34兆円に及ぶという試算もあり、大規模水害への対策が必要とされている地域である。

この中川流域であるが、江戸時代以前には利根川と荒川という関東の二大川が流下しており、その痕跡は中川支川の大利根川・元荒川という河川名にも残されている。江戸初期の利根川東遷、荒川西遷により中川は二大川から切り離され、中川低地の農地開発のための用排水路として使われてきた。明治43年の大水害を受けて荒川、利根川、江戸川の大改修が始まるが、その関連工事として大正5年から始まる中川大正改修によって、従来江戸川に合流し島川、庄内古川を中川につなぎ替えて現在の姿になった。その流域面積は987km²で、外周河川(利根川、江戸川、荒川)と大宮台地に囲まれ「フライパンのような」と形容される全体的に低平な流域であり、中川の最上流端と河口での標高差が20mという緩流の河川である。このため河道の流下能力が低く、調整池等の流域対策に加え、首都圏外郭放水路や三郷放水路などの放水路と大規模排水機場により江戸川に直接排水することで洪水を処理している。

そのような中川流域であるので、外周河川が決壊すれば、大量の氾濫流が中川低地に流入し氾濫することになる。やや文学的表現だが「河川は昔の流路を知っていて、氾濫するとそこに戻ってくる」と言われることもある。カスリーン台風による水害では、東村の利根川右岸決壊の他に、荒川の熊谷地先で左岸堤防が2カ所決壊しているが、その氾濫流も元荒川を通じて中川に流れ込んだ。元荒川合流点より下流では、埼玉県南埼玉郡八条村(現八潮市)と葛飾区亀有の2カ所で中川右岸堤防が決壊し、足立区や中川右岸の葛飾区が

浸水したが、その氾濫水には荒川起源のものも含まれていることになる。2015年の関東東北豪雨における鬼怒川の氾濫では、常総市内を流れる県管理の八間堀川に氾濫流が流入し、下流で溢水する現象が生じているが、このような氾濫原の中の中小河川が氾濫流に与える影響については、通常氾濫計算に用いられる平面二次元不定流計算では必ずしも正確に反映されていないこともあり留意する必要がある。

1947年当時の浸水区域の人口は約60万人であったが、住民の避難には相当の混乱を来していた。桜堤の決壊が19日の2時頃であるが、22日時点での警視庁の報告では、「(都下で)2万余人を下らず何れも二階、屋根裏等に居り、之が救出救護に舟艇に依り・・」とあり、浸水4日目でも多くの被災者が取り残されている状況がわかる。同報告には、「罹災民は、(中略)避難勧告に従わず、増水迄に相当の余裕ありたるに、避難用意不十分であり、一途に当局の防水策にのみ期待した様である」とも記されており、現在にも共通する課題を抱えていた。また、広域避難については、江戸川を越えて、千葉県野田、流山、松戸、市川等に避難した被災者も多く、縁故避難の他、鴻ノ台兵舎(市川市)などに大規模な避難所も設けられていた。戦後間もない当時、被災者の救護や自治体間の連携についてもGHQの強力な指導の下に行われていたと思われる。

桜堤の上流で滞留する氾濫水を排除するために江戸川堤防を開削する際にもGHQが協力している。結局上手くいかなかったが、爆薬で堤防を爆破しようとしたのである。中川低地の氾濫被害の減災のためには、外周河川の堤防強化等の対策と併せて、このような桜堤等の二線堤の管理や滞留水を排除するための堤防開削等、決壊を想定した氾濫流の制御手法についても、事前に様々なシミュレーションを行い、対応を検討すべきではないか。現在、中川流域の約50%が都市化し、「利根川首都圏広域氾濫」の想定浸水人口は230万人に達し、高度経済成長期に進行した地盤沈下の影響により浸水深や氾濫流速も増加すると想定されている。外周河川である江戸川、利根川、荒川のどの河川が破堤氾濫してもその氾濫水が押し寄せ、首都圏経済に深刻なダメージが生じることも予想される地域である。住民の命を救う広域避難対策に加え、社会経済に対する壊滅的な被害を生じさせない対応が必要だ。