

## 気象災害と気象情報

二 宮 洸 三\*

### 1. はじめに

近年、気象災害に対する社会の関心が高まっています。気象災害を軽減する有効な対応をとるために、気象学の研究が大切です。気象学会の会員のなかにも、気象災害や災害情報に関心を持たれる方々が大勢おられると思います。

気象情報に関する、気象の専門家の認識と、社会一般の理解には、大きな隔たりが見られます。このために、情報の持つ意味が誤解され混乱を招くケースがあります。

上記のような誤解・混乱を無くすために、気象情報の持つ意味・意義を考え、どのような理解が大切な、などの問題を議論します。さらに詳しい議論については二宮 (2011) を参照ください。

### 2. 災害と災害対策

#### 2.1 災害の定義

日本語辞書では「災害とは地震、津波、噴火、台風、洪水、旱魃、伝染病、火災などによって引き起こされる不時の禍、または、それによる被害」と説明しています。災害に対応する英語は“disaster”で、英語辞典では「災害とは、大きな損害、深刻かつ突然の不幸を生じる予期せぬ出来事」と説明しています。日本語と英語では少しニュアンスが異なりますが、「非日常的な突然の大変な災難」であるとする説明は共通しています。この説明によれば、日常的に比較的頻繁に起こる個別的な不幸・災難（一般的・個人的交通事故など）は災害ではありません。

災害は法規でも定義されています。災害対策基本法の第1章第2条第1項において災害は、「暴風、竜巻、豪雨、豪雪、洪水、崖崩れ、土石流、高潮、地震、津波、噴火、地滑りその他の異常な自然現象又は大規模な火事若しくは爆発その他その及ぼす被害の程度においてこれらに類する政令で定める原因により生ずる被害をいう。」と定められています。また、災害を原因別に「自然災害」と「人為的災害」に大分類しています。

#### 2.2 災害対応

自然の脅威を経験した人類は、災害の予防と軽減に多くの力を注いできました。日本語では、災害対応策を「防災」と呼んでいます。災害対策基本法の第1章第2条第2項で、「防災は災害を未然に防止し、災害が発生した場合における被害の拡大を防ぎ、および災害の復旧を図ることをいう。」と定義されています。すなわち、防災は以下の3要素からなり立っています；

- a) 災害の未然防止(災害防止)
- b) 災害の被害拡大防止(災害軽減)
- c) 災害の復旧

もし完全な未然防止策(堅固な建造物の建設、堅固な防波堤・堤防の建設など)がとられれば、災害軽減も復旧も不要になるはずですが、完全な未然防止が実行できなければ、被害拡大防止策(避難、救出・救助・救援、消火など)と復旧が必要になります。

なお、英文の報告・書物では、災害未然防止を“prevention of disaster”，被害拡大防止を“mitigation (reduction) of disaster”，“preparation for disaster”と表現しています。したがって、日本語の防災(対応)の全体を“prevention of disaster”と英訳するのは誤りです。

\* Kozo NINOMIYA (無所属).

knino@cd.wakwak.com

© 2013 日本気象学会

### 2.3 自然災害と人為的災害

災害は原因によって自然現象に起因する「自然災害」と人為的原因によって発生する「人為的災害(人災)」に大別されます。大火、爆発事故、有毒物質の流出などは人災の代表例です。しかし実際には、それらが混合あるいは複合した形態を示します。

自然災害の場合でも、自然現象だけが原因で、社会と無関係に発現するわけではありません。自然災害の規模は、その直接的原因となった自然現象の強さ・大きさだけによって決まるわけではなく、社会的状況によっても決定されます。同じ強さの台風が襲来しても、人口密集地域と過疎地では犠牲者の数は大きく異なり、建造物の強度によっても異なります。さらに救援活動の程度によっても異なります。

前回と同程度の台風が襲来したのに、前回に比べて大きな災害が発生したケースがあります。それは、災害要注意地域にまで居住地域が拡大したためや、災害予防対策の基本設備が劣化したためです。逆に、十分な予防的対策が採られたため前回に比較して被害が大幅に軽減されるケースもあります。

自然災害の場合でも、災害の様相は社会と深く関係しています。このため、自然災害と人為的災害の間には中間的なグレーゾーンが存在します。直接的な原因が自然現象であったとしても、対応対策の不備が被害を増大させれば人的災害として行政当局などの責任が追及されます。

災害対応の立場からは、地球科学的考究だけでなく、社会との関連における考究が大切です。

### 2.4 気象災害

気象災害を急激に進行する災害と長期にわたり進行する災害に分類する事もあります。

急激に進行する気象災害をもたらす現象(気象擾乱)としては、台風、低気圧、前線、竜巻、集中豪雨などが挙げられます。さらに災害の直接的な要因としては、強風、強雨と、それによってひき起こされる、高潮(風津波)、波浪、洪水、斜面崩壊・地滑りなどが挙げられます。

長期にわたり進行する気象災害としては、旱魃(干害)、冷夏(異常低温)、長雨(多雨)、猛暑(異常高温)などが挙げられます。

気象学の立場からは、自然災害をもたらす現象(台風、竜巻、豪雨)の発生メカニズムや物理的性質を研究し、予測精度を向上させることが重要です。

### 2.5 災害被害

一般的に、死者・行方不明者数、負傷者数、あるいは被災者数で災害の程度を計量します。また災害で失われた建造物、家屋、施設、資財で被害を計ることもあります。人命損失は幸い減少していますが、財貨の損失は年を追って増加する一方です。財貨の損失は貨幣価値の変動と経済発展に伴う財貨の増大によっています。したがって財貨の損失は貨幣価値、物価指数、GNP、あるいは、国家予算などで基準化(ノーマライズ)して比較しなければなりません。ノーマライズしない損害額を調べて、災害の増大と気候変動を単純に関係付けてはなりません。

## 3. 災害と情報

### 3.1 災害対応における情報のカテゴリー

災害対応に関する情報には、「災害対応に必要な知識、データ、報告」及び「それらの伝達(発信)と受け止め方」の二つの概念が含まれます。災害対応に関する情報は、緊急時の気象情報や地震津波情報だと思われがちですが、本来はもっと広い意味を持っており、以下のように分類することができます；

#### ①自然現象と自然災害に関する基礎的情報

自然災害を引き起こす自然現象としてどのような現象があり、どれほどの頻度で発現し、どれだけの激しさを持ち、どのような災害をもたらす可能性(過去の災害事例から知られる)があるのかを、あらかじめ知るための情報を指します。この情報に基づいて、災害対応(防災、減災)の計画が立てられ、同時に「想定外」の事態の可能性も認識されます。各地域の人々も、この情報によってどのような自然災害が起こりうるかを知ることができます。なお、隣接地域の自然災害事例にも教訓を求めるべきです。なぜなら、自然現象は人為的な行政区画には無関係に発現するからです。

大災害時には情報が途絶し、各個人が独自判断で行動しなければならない事態も起こります。そのためにも過去の大災害の状況を知っておく必要があります。

#### ②災害対応に関する法規と対応計画の情報

災害対応は、定められた法規や計画に従って実行されます。関連法規と計画について、あらかじめ理解し、何がどのような根拠に基づいて想定され、どの組織・部門がどのような責任をもって、どのような時点で、何をするか、を具体的に知るための情報です。重要な情報であるのに、社会の関心は非常に低いのが実

情です。法規・計画書が分厚く、官庁的用語・表現で書かれており一般市民にとって読み難いことも、低い関心の原因となっています。

### ③自然現象に関する即時的予測情報

著しい災害をもたらす現象の可能性が予測される場合に発表される情報と観測事実の速報を指します。その多くは、国土交通省、気象庁から発表され、地域社会には「防災無線」により知らされるほか、TV、ラジオで放送されます。各種の気象注意報、気象警報および付加的な気象情報がその具体例です。多種類の情報があるので、あらかじめ各種情報の意味を正確に理解しておかねばなりません。これらは、災害をもたらす可能性の高い自然現象についての警戒を伝える情報であり、避難等を具体的に指示・命令するものではありません。避難（の内容）を具体的に指示することは各自治体の任務です。

近年の大災害の教訓を活かして「特別警報」が2013年8月30日から運用されています。これは特に甚大な災害が予測された場合に発表されます。気象に関しては「大雨、暴風、高潮、波浪、大雪、暴風雪」の特別警報があります（気象以外では、火山、地震、津波の特別警報があります）。これを受けた地方自治体はそれを地域住民に必ず伝達する義務があります。特別警報の意味の十分な理解が望まれます。

### ④災害対応の行動に関する即時的情報

国や地方自治体等（災害対策本部、警察署、消防署など）からなされる具体的な行動指示に関する情報で、避難準備、避難勧告、避難命令などが含まれ、市町村の防災無線や広報車で知らされます。

### ⑤被害（損害）状況に関する即時的情報

被害の実情についての即時的情報（災害対策本部などから出される）です。避難や救援活動に必要な具体的情報で、デマなどによる不安・混乱を防ぐためにも有効な情報です。防災無線や広報車で伝えられる他、TV やラジオでも放送されます。

### ⑥減災対応に関する即時的情報

被災地で、どのような対応（避難状態、救援活動、消火作業など）がなされているか、あるいは、進められているかを知らせるため災害対策本部等から出される情報です。減災行動を円滑に進め、被災地の混乱を防ぐための情報です。

## 3.2 情報の発信と受信

現実には、それぞれの災害対応情報の意義が十分に理解されているとは限りません。適切な情報も、タイ

ムリーに伝達されなければ役立ちません。どの組織がどの組織に、あるいは住民に、どのような方法で情報を伝達する責任があるかは、法規と防災計画で決められています。

現実には以下のような幾つかの問題点があります；

第1は、非即時的な基本情報（①）についての無関心です。当該地域における自然災害についての事実の理解が不十分です。知る方法がないとの声もありますが、日本の自然災害史は廉価の一般的出版物でも知ることができます。気象台や地方自治体も災害史を編纂しています。

第2は、法規・防災計画（②）に対する無関心です。関連法規は主管組織のホームページで閲覧できますが、関連法規の数が多く、官庁用語で書かれていることも、市民の理解を妨げています。府県・市町村それぞれが地域の防災計画を策定し、毎年必要な改訂を行っています。市民の関心が低いのが実情です。

第3は、自然現象に関する即時的情報（③）の複雑さについての問題です。多くの経験を踏まえて改善が進められた結果として情報の種類が多岐にわたり複雑化し、理解を困難にしています。非常時の情報では、最重要な事項を絞り込むことが大切で、過度の「キメ細かさ」を求めてはなりません。情報注意報・警報の発表回数も多く、情報の切実性・切迫感が伝わり難しくなっているという指摘もあります。

激しい自然現象は局地性が強く、現在の観測網で十分に把握できるとは限りません。現在の予測技術では詳細・正確な予測情報を提供できるとは限りません。特に稀な激しい現象についての予測精度は充分ではありません。このことが利用者に充分理解されていません。予測情報の精度の限界、誤差範囲、確率表現等のわかりやすい説明が必要です。

第4は、大災害時には、最も切実な災害情報（④、⑤、⑥）の伝達が困難となることです。通信が途絶し、また、被害実況を掌握・伝達し、行動を指示すべき市町村の災害対策本部が壊滅して機能不全になることもあります。

## 3.3 情報の迅速性と正確性

災害対応情報では迅速性と正確性の両方が求められます。しかし、高い精度を求めれば精査・確認のため時間を要して連絡・通報が遅れます。迅速性を優先すれば精査・確認が不十分になり情報の精度が下がります。現場では、常にこの二者択一を迫られています。実効性を考えれば、正確さを考慮しつつも速報性（精

度が充分でないと説明して)を優先させ、ついで確定情報で逐次修正・補完することが最善です。

同様に、情報の整合性も問題となります。多くの組織が関与し、同時進行形で災害の事態が変化している時、輻輳する個別情報を速報すべきなのか、比較精査し整合性を確保してから情報を伝えるべきか、二者択一を迫られます。緊急性を要する情報は、個別情報であることを明示して速報し、ついで他のデータとの整合性を確かめて、確定情報で修正・補完することが最善です。

この実効的な行動を妨げるのは、非常時における現実を無視した「無謬性」を過度に追求する社会的風潮です。不可避的な誤差・不整合性を意識的に振り立てる評論家や三面記事的マスメディアの報道が実効性のある情報伝達を妨げています。あり得ない「無謬性」、「完全性」の要求は、有効な情報伝達を阻害することになります。

#### 4. 長期的に見た気象現象の想定

##### 4.1 想定の一必要性と根拠

災害対応に関わるすべての計画・対策では、その対象範囲を考える事からスタートします。対象の定まらない計画・対策はありえないからです。

自然災害対応の場合には、対象とする現象の強度と、強度別の現象出現頻度が想定の一必要と根拠となります。具体的には、どれだけの強さの現象が、どれだけの頻度で発現するかの確率が想定の一必要と根拠となります。

近代的な気象観測がなされているのは、最近の～50年間に過ぎません。古い地上気象観測を含めても、データの得られているのは～120年間に過ぎません。これらのデータを用いた数理統計学手法(たとえば、外山・水野(2002)、藤部(2010)など)、によって自然現象の最大強度の推定がなされています。しかし、わずか100年間のデータで、将来起こりうる現象の最大強度を充分の精度で確定することは困難です。特に、極めて稀な現象の出現頻度の推定は、数理的方法を用いても非常に困難です。

著しい大気現象が発現する度に、新事実について多くの研究報告や論文が発表される事実は、我々の知識が不完全なことを示しています。過去100年間に観測されなかった現象が、今後発現しないと科学的な保証はありません。

不確実ながら予測される、発現しうる現象の最大強度は「想定」の一つの根拠となります。弱い現象ほど

頻繁に出現し、強い現象は稀にしか出現しません。強い現象の出現頻度も「想定」の一つの根拠となります。

数理統計学で推定される出現確率についてですが、たとえば、100年に1回発現するランダムな確率を、「再来(現)期間100年」と表現します。なお、100年間に1回発現する確率は、1年間に、0.01回発現する確率と同じことです。

「再来(現)期間100年」を「100年周期の発現」や「100年ごとの発現」と誤解しないで下さい。「再来(現)期間100年」の現象が今年起きるかもしれないのです。

過去100年のデータに基づく数理統計学で確実に得られる「再来期間」の精度は～100年です。500年、1000年などの「再来期間」の推定は不確実です。研究者は、この不確実性と、その理由をもっと明確に社会に説明しなければなりません。

過去の災害・自然現象に激しさを想定の一必要とする場合、当該地域の過去の最大値だけを基準にする事は適当ではありません。当該地域周囲の過去データも含めて、発現可能性を判断しなければなりません。なぜなら、まれな現象の発現可能性は特定地点のデータだけで判断できないからです。

本節の議論は、「気象現象に関する気象学的想定(予測)」についての議論であることにご注意ください。

#### 5. 災害予防対策における想定

##### 5.1 対応策の現実的な想定

気象学的な統計的予測情報を与えられた時、どれだけの予防的対策が採られるべきでしょうか。理想的には考えられる最強(最悪)の現象に対抗できる準備が望めます。しかし、現実には有限の資財・予算を考慮して、可能な対応の限界を決めなければなりません。これは政治・行政・社会の問題で、気象学の問題ではありません。

ある期間(例えば、今後100年)について、災害対応に使用する経費(A)と、対策によって減少する損害(B)を比較して、BがAよりも大きければ、この対策は経済的に有意義と判定され、BがAより小さければ、無駄と判定されるでしょう。この評価基準は合理的に見えますが、実際には問題があります。第一に、どれだけの期間を対象とするかについての任意性があります。長期間を取るほど、予想される現象の強度は大きくなり、対応の経費も大きくなります。第



二に軽減される損害の算定（どれだけの損害が起きるかの算定）にも、直接的な損害か、2次的損害も含めるか、などの任意性があります。前例が無いような大災害についての損害の算定は非常に困難です。特に難しいのは尊い人命の評価で、社会の価値観で判定することになります。

このように「災害対応の想定範囲」は理論的な原則論で決めたいことです。実際には、現実的な予算・経費・資源を考慮し、関係機関の常識的価値判断で、対応の想定範囲が決められています。「気象学的な現象の想定範囲」と「実際に取られる対応策の対処可能な想定範囲」の関係の概念図を第1図に掲げました。両者の違いを正確にご理解ください。

幾つかの地方自治体の「防災計画」を閲覧したかぎりでは、～50年に一度程度の気象災害を想定しているようです。現象の程度の表現も「伊勢湾台風級」などの定性的な表現で書かれているのは、定量的想定は難しいからです。

難しい問題には万人が納得する解答はありませんから、このような現実的な「想定」も有益です。問題は、「対応の想定」の根拠がこの程度に曖昧であること、「対応の想定外」があることが、明記されず意識されていないことです。

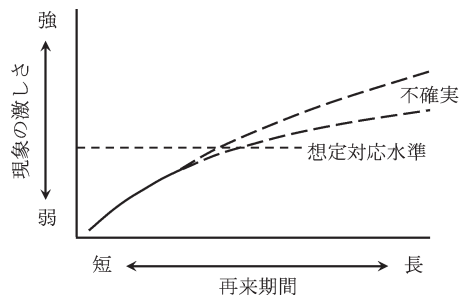
5.2 対応想定外の事態

上記の現実的な判断で「対応の想定」を決めたならば、自動的に「想定外」も定義されたはずですが、それにもかかわらず、「防災計画」等で、対応想定外事態の記述も無く、想定外事態への対応にも触れていません。

防災計画を閲覧するかぎり、想定内の事態は検討され、対処可能であるようですが、これは想定内の対策と安全性に過ぎません。本当の大災害は想定外の現象・事態によってひき起こされます。想定外への対応が計画されない（できない）ならば、せめて最小限、「想定外も起こりうる」、「想定外には充分に対応できない」、「想定内の対応策では充分に対処できない」などの明記が必要です。

6. 激しい気象現象の短時間的予測

大きな気象災害が起きるたびに、TV、新聞で災害をもたらした現象についての、研究者の説明が紹介されます。たとえば、下層の暖・湿気流の侵入と上層の寒気の侵入の条件下で豪雨、竜巻の発生が見られる、竜巻はスーパーセルストームに伴って発生した等と説



第1図 「現象の想定」と「対応の想定」の概念図。現象の想定にも不確実性がある（二本の太い破線で示したように）。現実的対応策にも限界があり、対応想定水準を超える「対応想定外」がある。

明されます。研究会・論文では、詳細なデータ解析で知られた現象の発生・発達過程が報告されます。最新の予測モデルによる数値実験で、現象が再現できたと報告されています。いずれも、気象学研究の素晴らしい成果で、予測精度の向上に役立つ基礎研究です。

これほど気象学的な理解が深まったのに、なぜ実用的な予測情報の精度が不十分なのかと疑問を持たれる方々が少なくありません。この研究成果と実際の予測精度の差異について考えてみます。

6.1 総観規模場の予測

下層の暖・湿気流の侵入、上層の寒気の侵入などの総観規模（～1000 km スケール）現象は、ほぼ正確に予測されます。また、特定の総観規模場の状況下で、豪雨・竜巻などが発生する確率も知られています。しかし小スケール現象の発生が確率的であるために、ピンポイント的な細かさで（～10 km、～10分の細かさで）、どれだけの強度の現象が何時発生するか的事前予測は困難です。特に激しい小スケール現象の確率的予測の精度は充分ではありません。研究者も研究・技術の実情や、「ポテンシャル(潜在危険性)予測とピンポイント予測の差異」を社会に正確に伝えてください。

6.2 事後解析と実際の予測

気象学的な理解を深めるためには事後解析は大切です。事後解析はすでに事実(答え)を知った後に時間を遡って調べる解析です。解析すべき場所も期間も、注目すべき現象も既知ですから、現象の発生・発達過程を調べることが可能です。

では、事後解析で確認された発生期の状態と類似の

状態があったならば、必ず現象が発現するのでしょうか。ほとんどの事後解析では、この重要な問題に触れていません。現象発生の条件や前兆と思われる状況が観測されても、必ずしも現象が発現するとは限りません。このため実況監視を行っても、何時も、正確な予測ができるとは限らないのです。

### 6.3 予測実験と実際の予測

特異現象、あるいは予測精度不良のケースでは、事後に予測実験が行われます。これも、現象を理解し、予測精度の改善するために重要な研究です。

事後の数値実験の場合には、初期値の変更、初期時刻の変更、パラメタリゼーション方式の変更、分解能増加等、実験設定を変えて、幾つかの実験を行って再現性を確かめます。しかし、ケーススタディ的な事後実験の成功は必ずしも、実際の予測の成功を保証するものではありません。数値モデルの実際の予測精度は、多様なケースを含む多数のケースについて確認しなければならないのです。事後実験の成功が、直ちに完全な予測の達成を意味しないことも、十分に説明してほしいと思います。

### 6.4 現象のスケールと予測のリードタイム

予測されてから、その現象が発現するまでの時間(期間)を「予測のリードタイム」と言います。有効な災害対応を執るためには、長いリードタイムが望まれます。

気象現象では、空間スケールが大きい現象ほど時間スケールが長く、予測のリードタイムも長くなります。

たとえば、温帯低気圧は数千 km の空間スケールと数日の時間スケールを持ちます。現在の予報技術では1日程度のリードタイムが確保されます。

これに対して、個々の積乱雲、竜巻の空間スケールは数 km、時間スケールは～10分のオーダーです。これらについては、充分の精度を持つリードタイムは10分間程度です。(潜在的可能性予測、確率的予測なら、数時間のリードタイムが可能です。)この点についても充分な説明が必要です。

## 7. 社会を構成する各個人の関心

災害防止、災害軽減において、国や自治体の役割と責任が重要なことは言うまでもありません。しかし、国・自治体の施策は基本的には国民・地域住民の意思によって決定されるものですから、私達は日ごろから災害防止、災害軽減について関心を持ち対応計画に参画しなければなりません。「あなた任せ」にしてはなりません。これは、社会を構成する各個人の責任です。

情報が高度化・複雑になるほど、その内容・意味を正しく理解しておく必要があります。実際には、被害に遭遇するまで、その重要性に気付かないのが実情です。また災害に遭遇した直後には関心が高まっても、時間と共に切実感が風化しがちです。各自治体では「防災会議」を開き、毎年「防災計画」の改訂を行っています。会議を傍聴する市民は非常に少なく、防災計画を自治体のホームページで閲覧する人も僅かです。

また大災害時には、停電や通信回線の障害で、災害に関する情報が得られなくなることもあり、各人の判断で行動しなければならない事態も起こります。

また、注意報・警報・特別警報が出ていないから「安全」とは限りません。たとえば、強風や波浪の注意報が出ていなくとも、幼児の海水浴が安全だと保障されているわけではありません。すでに述べたように、特に激しい局地的気象現象の予測は常に可能だとは限りません。

各人が防災に関心と理解を持ち、情報の意味と予測精度の限界を正しく理解し、特に大災害時には臨機応変に対応することが非常に大切です。

### 参 考 文 献

- 藤部文昭, 2010: 極端な豪雨の再現期間推定精度に関する検討. 天気, 57, 449-461.
- 二宮洗三, 2011: 防災・災害対応の本質がわかる本. オーム社, 186pp.
- 外山奈央子, 水野 量, 2002: L-moments を用いた地域頻度解析による全国アメダス地点における確率降水量の推定. 気象庁研究時報, 54, 55-100.