

気候変動がもたらす災害態様の変化について

～複合災害の教訓～

専門職 渡部 英洋

目次

- | | |
|--|--|
| <p>1. はじめに</p> <p>2. 直近の観測事実</p> <p> (1) 海洋の酸性化と貯熱量の増加</p> <p> (2) 北極海域の海水面積の縮小傾向</p> <p> (3) 日本周辺での海水温・水位の上昇</p> <p>3. 最近の災害形態の特徴</p> <p> (1) 相次ぐ山火事と拡大する二次災害</p> <p> (2) 日本で増加する台風と土砂災害</p> | <p>4. 今後の災害予測</p> <p> (1) 日本付近での台風の強大化と進路の変化予測</p> <p> (2) 降雨量以上に増加する水・土砂災害</p> <p>5. 共済・保険の課題・留意点</p> <p>6. おわりに</p> <p> (写真) 鬼怒川上流の氾濫痕跡</p> |
|--|--|

1. はじめに

今年の夏も世界の各地で記録的な猛暑となった。地球温暖化の進行により、「極端な気象現象」等の気候変動が相次ぎ、物的・人的被害や様々な経済的損害を各地で引き起こした。

日本でも同様で、夏（7～9月）の平均気温が東日本（関東甲信、北陸、東海地方）で

は観測史上最高、全国平均でも過去5番目を記録し、100年あたりの上昇率も約1.11℃（図1）と、前年までの観測値に基づく値をさらに上回り、世界の陸域平均の100年あたり上昇率0.71℃を大きく上回っている。このような温暖化の進行により、台風の強大化、集中豪雨など、甚大な災害が生じるとともに、災害の態様にも変化がみられてきている。

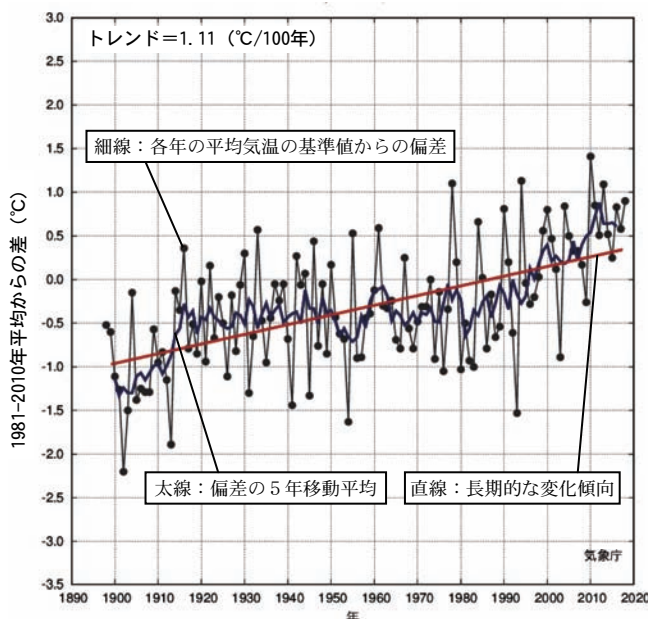
これまで、気候変動と災害については、拙稿において複数回に亘ってとり上げてきたが、本稿では「直近の温暖化データと共済・保険への影響」（『共済総研レポート』No. 155（2018年2月））以降を中心とした直近の観測データとともに、最近の災害態様の特徴および共済・保険として留意すべきと考えられる点の概要について述べる。

2. 直近の観測事実

(1) 海洋の酸性化と貯熱量の増加

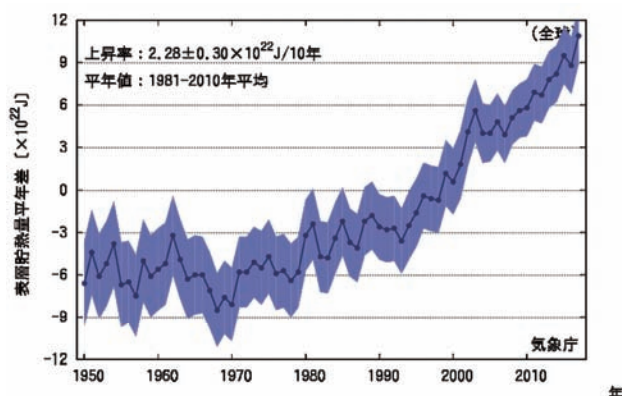
近年の気候変動をもたらしている直近の観測事実において、長期的な影響度の大きさからは、海洋の諸データの変化がまず挙げられる。なかでも、海洋の酸性化が引き続き進行している点と、貯熱量の増加速度が増してい

（図1）日本の夏平均気温偏差



（注）基準値は1981～2010年の30年平均値
（出典）気象庁

(図2) 海面から700m深まで積算した貯熱量の
 年差 (2017年まで)



(出典) 気象庁 海洋の健康診断表 (2018年2月15日更新)

る(図2)点が大きい。

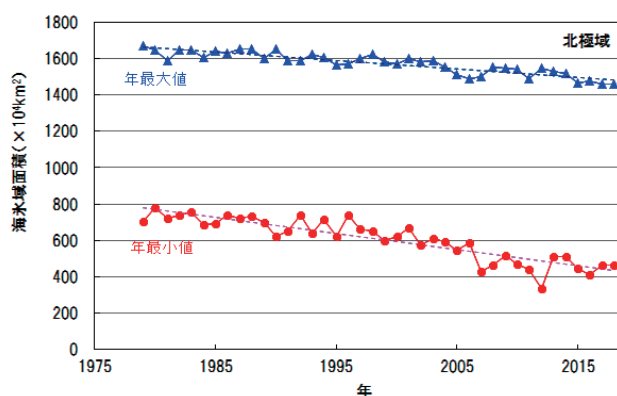
IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 第5次評価報告書(2013)(以下「IPCC AR5」)は、表面海水におけるpHの低下(酸性化)と海面水温の上昇が進行すると、将来、海洋が大気から二酸化炭素を吸収する能力が低下する可能性がある」と指摘している。海洋の二酸化炭素を吸収する能力が低下すると、大気中に残る二酸化炭素の割合が増えるため地球温暖化が加速される可能性がある。

また、貯熱量の増加について、地球表面の7割を占める海洋は、大気に比べて熱容量が大きいので、わずかな水温の変化でも大量の熱を大気とやり取りすることになり、気候に大きな影響を及ぼす。

IPCC AR5は、1971～2010年の40年間で気温の上昇や氷の融解などを含む地球上のエネルギー増加量の60%以上が海洋の表層(深さ700mまで)に、約30%がより深い層に蓄えられたと評価した。海洋が熱を蓄えると、海水が熱膨張して海面水位が上昇するなどの影響がある¹。

このように、海洋の貯熱量の増加は水位上昇とともに、将来の気温上昇とそれを起因とする災害発生に大きな影響を及ぼす。

(図3) 北極域の海氷域面積の年最大値・年最小値の経年変化 (1979年～2018年)



(出典) 気象庁 海洋の健康診断表

(2) 北極海域の海氷面積の縮小傾向

気候変動の大きな要因とされている北極海域の海氷面積の縮小傾向について、2018年の最大・最小面積が10月22日、気象庁から発表された(図3)。

これによると縮小傾向が継続しており、特に最大面積が2017年とほぼ同水準の小さい値となっていることから、冬季も厚い海氷が形成されず、熱の反射力が弱まって海洋への吸収率が高まり、極域とその他の地域との温度差が縮小することになる。

このことがジェット気流等の気流の弱まりの原因となっていると考えられており、前例のない気象現象をもたらすこととなる(後述)。

(3) 日本周辺での海水温・水位の上昇

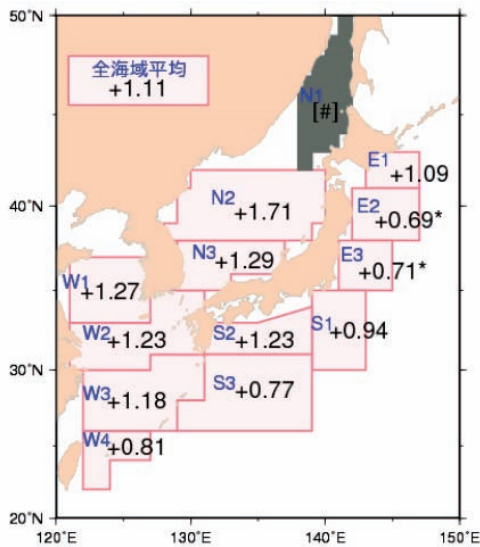
次頁図4は日本の気候変動に影響が大きい日本近海海面水温の1900～2017年までの上昇率であるが、この図は、これまで気候変動関連のレポートの都度、毎回直近値に更新して掲載してきたが、全海域平均の+1.11*をはじめ、100年あたりの上昇率が毎回大きくなる傾向にある。

* 北太平洋全体で平均した海面水温の上昇率(+0.51℃/100年)よりも大きい値となっている。

蓄熱しやすい内海にあたる日本海域(N

1 気象庁「気候変動監視レポート2017」(2018年7月) P.48

(図4) 日本近海の海域平均海面水温(年平均)の長期変化傾向(℃/100年)

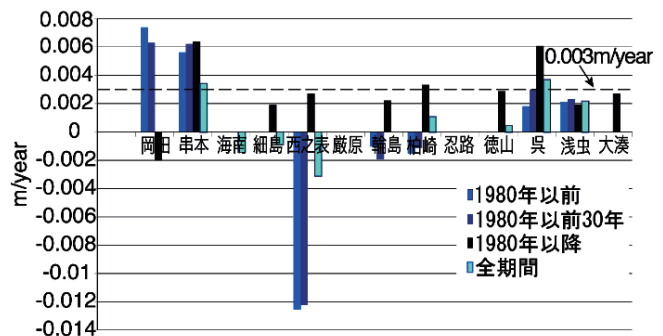


(出典) 気象庁「気候変動監視レポート2017」(2018年7月) 数値は2018年3月12日発表

2・N3) および四国・東海沖(S2)が依然高い上昇率となっていることに加えて、沖縄の東(S3)や関東の東(E3)・三陸沖(E2)等、最近の台風の進路にあたる海域で以前より上昇率が大きくなる傾向にあり、強い勢力を保ったまま日本に上陸する可能性が高まる要因となり得る(後述。以下下線筆者)。

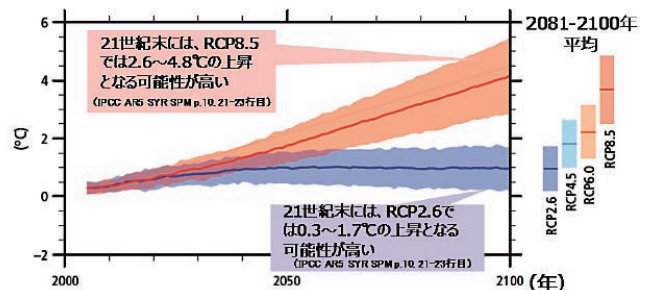
また、日本沿岸の年平均海面水位の変動状況については、統計を取り始めた1906年以降、明確な上昇傾向はみられないが、1980年以降は図2の地球全体の貯熱量の経年変化と相似の上昇傾向がみられることは以前に取り上げた²。地球温暖化に伴う海面水位の上昇を検出するためには引き続き監視が必要³とされているが、国土技術政策総合研究所の報告によれば、40年間のデータを活用できる潮位観測施設の「地盤変動」を除去して潮位の変化傾向を調べると、1980年以降は多くの観測施設において年3mmに近い上昇が現れており

(図5) 潮位観測施設の海面水位の変化傾向



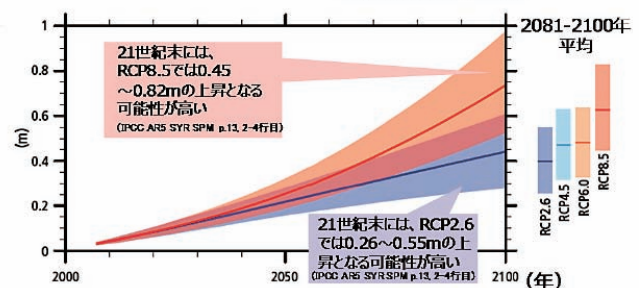
(出典) 国土技術政策総合研究所「河川・海岸分野の気候変動適応策に関する研究」2017 P.74

(図6) 世界平均地上気温(上)及び海面水位上昇の変化(下)



図：世界平均地上気温の変化
1986-2005年平均との差

※ 21世紀末は2081~2100年



図：世界平均海面水位上昇の変化
1986-2005年平均との差

※ 21世紀末は2081~2100年

(出典) 内閣府「防災4.0」未来構想プロジェクト 有識者提言(平成28年6月) P.13 (引用元: IPCC AR5 WG1 (自然科学的根拠))

(図5)、海面上昇の影響が今後生じることは否めず、適応施策を検討する必要がある⁴とされている。

年3mmの値は小さいような印象を受ける

2 拙稿「観測史上最も暑かった2015年」(『共済総研レポート』No.143(2016年2月)) P.31

3 気象庁「気候変動監視レポート2017」(2018年7月) P.49

4 環境省 文部科学省 農林水産省 国土交通省 気象庁「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018~日本の気候変動とその影響~」(2018年2月) P.48

が、IPCC AR5では、軽視できない将来予測を示している。それによると、今世紀末までに、世界全体の平均気温が、最善のシナリオにおいては横ばいに近づく（図6・上図）のに対し、海面水位は、多くの研究者が影響を問題視しているグリーンランド氷床をはじめ、温度上昇より遅れて融解することから最善のシナリオであってもほぼ直線的な上昇を続ける（図6・下図）。シナリオによっては上昇率は増加し続けるのであり、危機的な状況を招きかねないことに留意が必要である。

3. 最近の災害形態の特徴

温暖化に大きな影響を及ぼすことから海洋の観測値を中心に述べてきたが、温暖化の進行に伴い、世界中で従来見られなかった態様の災害が多く発生している。

(1) 相次ぐ山火事と拡大する二次災害

今年（2018年）は世界中で記録的な高温・熱波による人的被害を伴う災害が相次いだ。これも北極の気温が上がることによってジェット気流が弱まり、気候が「固定化」して干ばつ・熱波が長期間続いた結果と考えられている。一方で降雨期間も長く続くことになる。

昨年从今年の8月にかけて、この気候現象が主因と考えられる山火事（森林火災）が世界の各地で発生し、甚大な被害をもたらした。

米カリフォルニア州では2018年7月の多いときで約20か所で同時延焼、建物約500棟が焼失する事態となった。ギリシャでは7月23日に大規模な火災が発生し、90人以上が死亡、そのほか、スウェーデン（数十件）、スペイン、ロシア、ドイツ、ラトビア等で多発した。

カリフォルニア州では、例年発生し、特に2017年の火災については、「Munich RE」2018年1月4日ニュースリリースによると、“前年末からの豪雪と豪雨が多く、植物の発芽と

成長を促し、夏の炎熱がこの増加した植生を文字通りの“マッチ箱”へと変貌させ、延々と12月にまで続く激しい山火事へと導いた”と報告している。極端な前例のない現象が長期間続き、それが交互に発生するという異例のパターンが大規模火災を引き起こす要因となったことになる。

同州ロサンゼルス近郊では、今年1月、山火事のあとの大雨により土石流が発生、死者・行方不明者が30人に上り、住宅100棟以上が全壊し、約300棟が損壊した。山火事後の地盤は固くなり、舗装道路のように水を吸収せず、豪雨による大規模土砂災害をもたらした。

その後、2018年は同州をはじめとして過去に例のない山火事が発生しており、同じような二次災害発生の懸念がさらに増している状況にある。

温暖化による広域の山火事と豪雨の頻発により、二次災害を招いたのであり、山火事に限らず、温暖化・気候変動の極端現象の影響によって、このようなめったに起きない災害形態（＝複合災害）が、今後、世界各地で頻発化することが懸念される。我が国においても例外でないことに留意する必要がある。

(2) 日本で増加する台風と土砂災害

日本でも今年は下半期を中心に大きな災害が発生した。

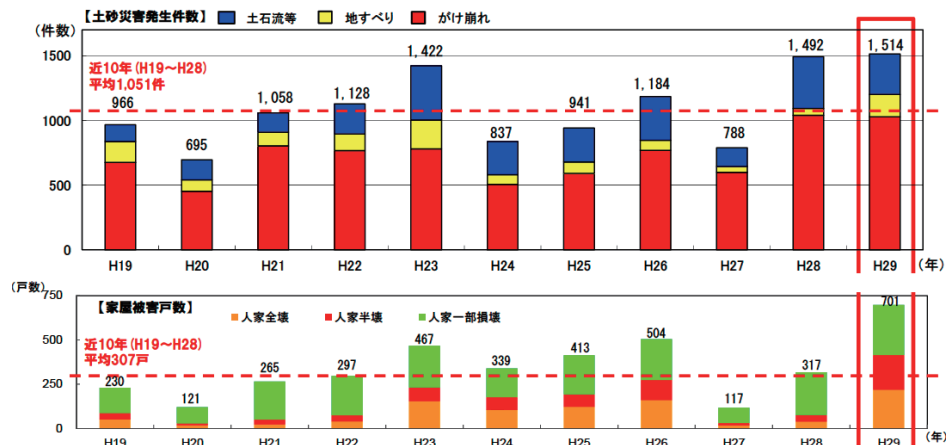
ア. 集中豪雨と土砂災害の増加

⑦ 西日本豪雨の教訓

西日本を襲った「平成30年7月豪雨」は、多くの地域で河川の氾濫・浸水、土砂災害が発生し、死者数が200人を超える平成最大の豪雨災害となった。この災害は、今後の降雨の態様と、起こり得る災害の特徴を示唆するものであったといえる。

この7月豪雨に関する気象庁・異常気象分析検討会の報告によると、広域で持続的な大雨をもたらした要因は、梅雨前線が、非常に

(図7) 平成29年までの土砂災害全国件数



(出典) 国土交通省「平成29年 全国の土砂災害発生状況」平成30年3月22日

発達したオホーツク海高気圧と日本の南東に張り出した太平洋高気圧との間に停滞したためであり、それぞれの高気圧の強まりには上層のジェット気流の大きな蛇行が持続したことが影響したとしている。また、今回の豪雨には、地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあったと考えられ、線状降水帯⁵を形成したことも甚大な被害の要因となったとしている。

ジェット気流の大きな蛇行も、もともとの原因は北極域の温暖化のために気流の流れが弱くなってきていることにあると考えられ、その蛇行が前線の停滞につながったという気象庁の分析であり、さらに温暖化による水蒸気量の増加が線状降水帯の雨量を多くしたことから、今回のような豪雨は今後の温暖化の進行によって頻発化することが想定される。

(イ) 増加する土砂災害

極端な豪雨が多発することにより、直近の土砂災害⁶件数および家屋被害戸数が図7のとおり増加傾向にある。2017（平成29）年は九州北部豪雨などで、近10年では最多を記録したが、2018（平成30）年はさらに増加し、「平成30年7月豪雨」のみで、9月25日までの集計で、**土砂災害2,512件**（土石流等：769件、地すべり：55件、がけ崩れ：1,688件）、土砂災害による**家屋被害が843戸**（全壊：213戸、半壊：340戸、一部損壊：290戸）に達するという空前の罹災件数を記録した⁷。

2018年は9月6日発生の北海道胆振東部地震でも厚真町を中心に広い範囲で土砂崩れが発生し、崩壊面積は明治以降の主要な地震災害の中で最も多い⁸と報道され、年間の総件数は大きく更新する見込みである。

7月豪雨においては、真砂土（まさど）と呼ばれる花崗岩が風化してできたもろい土壌

5 線状降水帯：次々と発生する発達した雨雲（積乱雲）が列をなした、組織化した積乱雲群によって、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過または停滞することで作り出される、線状に伸びる長さ50～300km程度、幅20～50km程度の強い降水をともなう雨域（気象庁 HP「雨に関する用語」より）。

線状降水帯の用語が頻繁に用いられるようになったのは、平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害以降であるが、それ以前の局地的な集中豪雨などの原因についても、台風を除いて約3分の2ほどが線状降水帯によるものと解析されている。

6 土砂災害：「土石流等」、「地すべり」、「がけ崩れ」の合計

7 「平成30年7月豪雨」の件数は7月2日（北海道を中心とした梅雨前線による豪雨）以降の都道府県報告件数を国土交通省で集計（1道2府28県）。

8 10月5日 国土交通省

が、特に西日本に広く分布していることが大規模な土砂災害をもたらしたとされる。広島県では、2014（平成26）年にも安佐南区等の広島市北部で、やはり真砂土の土壌が崩れた土砂災害が発生しているが、被災当時、土砂堆積でできた扇状地の上に無理な宅地造成を行った結果と指摘されるとともに、土砂災害警戒区域⁹としての指定が、調査費用捻出や住民利害の問題が絡んで遅れたことが原因とされた。このことを踏まえ、「土砂災害防止法」（＝「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」）が同年に改正され、警戒地域指定のための基礎調査後、早期の段階で公表を行うことなどが定められた。

これによって、警戒地域等の指定が全国で進められているが、「平成30年7月豪雨」は、想定をはるかに超える記録的雨量を観測¹⁰した結果、警戒区域に指定されていない地域で人的被害が発生している（国土交通省調べ、未指定地域で少なくとも13名の死亡が確認されている（8月15日時点））。

このように、2014年の広島豪雨の教訓を踏まえて法改正を含めた対策を進めていたにも拘らず、これだけの被害が生じたのであり、今後の温暖化による豪雨により、想定外の要因によってこのような甚大な土砂災害等が発生する可能性が示されたといえる。

イ. 地震による複合災害としての土砂災害

土砂災害としては、北海道で初めて震度7を観測した9月6日早朝の「北海道胆振東部地震」も前述のとおり大規模な被害をもたらした。

被害の状況としては、広範囲にわたる厚真

地区での土砂崩れと、札幌市内での液状化・地盤流出による道路陥没・周辺住宅の損壊であった。いずれの被害も、多くが地震の揺れそのものによって建物が損壊したのではなく、地盤の流出やがけ崩れによって建物が損害を受けたというものであり、この地震は、我が国において、多くの地域で起こり得る複合的要因が絡む今日的な災害の態様を示したという点で、教訓をもたらすものとなった。

7) 火山灰風化地質での広域土砂災害

厚真地区の被害をもたらした土砂崩れに関しては、人的被害があった箇所の上半分以上が警戒区域に未指定で、難を逃れた被災住民も「この裏山が崩れるとは思ってもみなかった」というほど想定外の現象だった。厚真町長も「豪雨被害の延長に土砂災害があると思っていた。」と語っている。

この地域は周囲の火山噴火による火山灰や軽石が堆積し、風化してできたハロイサイトと呼ばれる粘土質の地質構造となっており、透水性が高く、前日までの台風21号の大雨や6～8月の多雨によって水を含んで粘性が増し、表面が滑りやすくなっていたところに、地震動によって、表層の火山灰層が秒速10メートル以上のスピードで一気に滑り落ちたと推測されている。

地震動には周期の特徴があり、周期1～2秒の揺れは「キラーパルス」と呼ばれ、木造家屋に大きな被害をもたらす特徴があり、阪神大震災の揺れのほとんどがこのタイプだった。一方、1秒以下の短周期の揺れは建物自体の被害は少ないものの、小刻みの揺れのために崖崩れを起こしやすく、今回の地震は、

9 土砂災害警戒区域：基礎調査によって区域を指定する。急傾斜地の崩壊等が発生した場合に住民等の生命又は身体に危害が生ずるおそれがあると認められる区域であり、危険の周知、警戒避難体制の整備が行われる（「特別警戒区域」はこれに加えて、特定の開発行為に対する許可制、建築物の構造規制等がある。）（国土文化研究所「気候変動下の水・土砂災害適応策－社会実装に向けて－」2016年11月）。

10 この降雨により、48時間降雨量は123箇所、72時間降雨量は119箇所を観測史上1位を記録した。※全国の気象観測所は約1,300箇所（国土交通省「平成30年7月豪雨による土砂災害概要＜速報版＞平成30年7月31日時点」より）

特に厚真地区周辺を中心にこのタイプの揺れ¹¹が広範に起きたことが原因とされる。

今回の広範囲にわたる土砂崩れによりダムの埋没とともに、土砂や倒木による河道閉塞によって天然ダムが多く形成されていることも確認されており、これらの決壊という二次災害のリスクを抱えながら降雪の時期を迎え、融雪洪水の発生の可能性が高まるという懸念される状況にある。

(イ) 水田を宅地造成した地域の地盤崩落

また、札幌市での液状化・地盤崩落と建物倒壊の被災地域については、これまでの調査で、以前は水田などの農地であり、農業用水の水路を暗渠化し、1980年頃、その上に火山灰質の盛り土材を使用して埋め立て、宅地を造成した地区であった。今回の地震で揺すられ（やはり短周期地震動であり、盛り土地盤は揺れが増幅される。）、直前の大雨で地下水位が上昇していたこともあって、アスファルト塗装の下部の火山灰質の土砂が液状化し、標高の低い側に流出して陥没したというものである。

このように、前述のとおり、地震に関しては、地震動の周期や立地条件により、建物自体が直接的に損壊するケースと、間接的に土砂崩れ等により損害を受けるケースがあり、建物構造の耐震性を中心としたリスク判断が難しい点を、あらためて今回の地震は示している。特に我が国の場合、国土事情・立地環境が大きくかわってくる。

(ウ) 日本各地で起こりうる複合災害

以上述べたように、今回の地震災害は、以下のような要因が複合的に絡んで発生したものであり、今後、日本のどこでも起こりうる

災害の性質を持つといえよう。

- ① 透水性の高い火山灰層（ハロイサイト層）であったこと…火山が多い日本では関東ローム層など全国に広く分布。
- ② 北海道胆振・大阪北部とも、発生前に主要な活断層として把握されていなかった場所が震源地だったこと…未発見・未解明の活断層が日本に多く存在し、地震は全国どこでも起こり得ることがあらためて確認された。
- ③ 地震動周期が1秒以下の短周期型であったこと…地震動周期は様々であり、小周期の場合は建物の直接損害は小さくても、地滑り・液状化・土砂流出などによる間接損害が起きやすい。多様な罹災形態があり得る。
- ④ 火山灰層のハロイサイトや盛り土地盤が直前の大雨により水を含み、地滑り・液状化を起こしたこと…地球温暖化による豪雨で、地盤が一時的にもろくなるケースが増加する。

(エ) 人為的要因が絡む複合化

また、土地開発の面からいえば、札幌市での地盤崩落地域も一例であるが、離農等による農地埋め立て等の開発が進むことも要因として大きい。以前農地で水のたまりやすい場所やかつての用水路や谷等を火山灰質の盛り土で埋め立てた宅地造成は全国に点在する。

さらに、狭い国土での経済発展・工場立地に伴う人口集中とともに、必然的に山麓ぎりぎりや土砂堆積で形成された扇状地に居を構えるというケースも多くなる。2014年の広島市安佐南区の土砂災害も典型であり、今回の厚真地区でも平坦な広く面積が取れる場所を水田とし、住家は山麓に建てるというケースも多くみられる。

11 今年6月の大阪北部地震もこのタイプで、家屋自体の倒壊被害は少なく、ブロック塀の倒壊などが多くみられた。2016年の熊本地震は周期が1～2秒の揺れと、周期が0.4～0.6秒の短い揺れの2つのタイプが強かった。前者の揺れでは家屋が多く倒壊し、阿蘇での山崩れによる鉄橋崩落の近辺は後者の短周期振動であった。

このような住宅立地面という人為的要因が絡んだ複合的災害も、豪雨等が増える中で今後の課題となり、防災上、対応策が従来以上に重要となってこよう。

ウ. 強大化する台風と進路の不規則性

(ア) 台風の強大化と高潮

今年は台風も強い勢力を維持したまま立て続けに上陸し、甚大な被害をもたらした。

9月4日に徳島県に上陸し、近畿地方中心に大きな被害をもたらした台風21号、9月30日に和歌山県に上陸し、南西諸島や東海・東日本の太平洋側を中心に被害をもたらした台風24号とも、猛烈な暴風を記録した。

上陸時の気圧は950～960hPaと、第2室戸台風(925hPa)、伊勢湾台風(929hPa)に比べて強くはなかったが、中心付近の気圧勾配が急であったことと進行速度が速かったことから進行方向右側で猛烈な風を記録することとなり、観測史上最大の最大瞬間風速を観測した地点は、21号では全国927の観測地点のうち100地点、24号では55地点にのぼった。

この強風によって高潮被害が発生し、観測開始以降、最高潮位を観測した地点が10地点

となった(表1)。最高潮位の算出基準が21号以降から、3分平均値を使用し、以前は約3時間平均値を採用してきたため、より高めの値となる面はあるが、海面水位が前述のとおり世界的に上昇の傾向にあり、地盤沈下でゼロメートル地帯が拡大している状況で、将来的なリスクが懸念される。

特に21号では関西空港の浸水、タンカーの連絡橋への衝突等の被害が発生し、近年造設した港湾施設の被害という今日的な高潮被害リスクという課題が浮き彫りとなった。

今回は大阪を直撃したために大きな被害額となったが、太平洋高気圧の張り出し具合等の気圧配置次第で、東京などの大都市を直撃することもあり得た。ゼロメートル地帯が広域に存在する東京では、同様に高潮となった場合にさらに大きな被害となる可能性があり、たまたまこれまでは進路が外れているだけという認識が必要である。

(イ) 強風被害と二次損害

猛烈な強風により、電線切断等による停電も発生したが、特に問題となったのが塩害である。

吹き付けられた海水の塩分が碍子¹²等に付

(表1) 2018年台風21号と24号により観測開始以降、最高潮位を観測した地点

台風	観測地点	最高潮位(標高)	過去の最高潮位とその起時(標高)	観測開始年
21号	大阪	329センチ	293センチ 1961年9月16日(第2室戸台風)	1950年
	神戸	233センチ	230センチ 1961年9月16日(第2室戸台風)	1926年
	御坊(和歌山県)	316センチ	163センチ 2014年8月10日(台風第11号)	2005年
	阿波由岐(徳島県)	203センチ	167センチ 2014年8月10日(台風第11号)	2005年
24号	串本(和歌山県)	254センチ	173センチ 2018年9月4日(台風第21号)	1951年
	白浜(和歌山県)	196センチ	164センチ 2018年9月4日(台風第21号)	1967年
	尾鷲(三重県)	145センチ	136センチ 1975年8月23日(台風第6号)	1966年
	熊野(三重県)	148センチ	134センチ 2012年9月30日(台風第17号) 2017年10月22日(台風第21号)	2005年
	石廊崎(静岡県)	157センチ	132センチ 1999年10月27日(低気圧)	1996年
	奄美(鹿児島県)	203センチ	172センチ 2005年9月4日(台風第14号)	1996年

(出典) 気象庁HPより 筆者加筆

12 碍子に付着して絶縁性が損なわれる問題は火山灰の飛散の場合も同様であり、拙稿「噴火広域災害と保障の課題～降灰被害を中心に～」『共済総研レポート』No.137(2015年2月)P.6において記した。

着し、ショートして発火する光景が、海岸沿いにとどまらず内陸部まで多くみられ、広域停電や、鉄道が運行不能となる事態が生じた。現代社会において張りめぐらされた多様な設備・電子機器等の弱点が今回の台風の猛威によって露呈したというのも大きな教訓である。いわば想定外の二次災害が、台風の強大化に伴い、今後生じるようになり、その影響度の大きさに留意する必要がある。

(ウ) 台風の進路の不規則性

近年、複雑な動きをする台風が目立つようになり、今年の台風12号なども東海道沖を西進、九州に再上陸後南下し、最後は中国上海に上陸という異例のコースをとったため、進行方向との相乗作用で小田原、熱海など、東向きの海岸を中心に猛烈な風と高波が打ちつけ、前例のない被害が生じた。「逆走台風」とも呼ばれ、偏西風から切り離されてできる寒冷渦などが原因とされるが、これも温暖化に起因する偏西風の弱まり・蛇行が一因と考えられている。

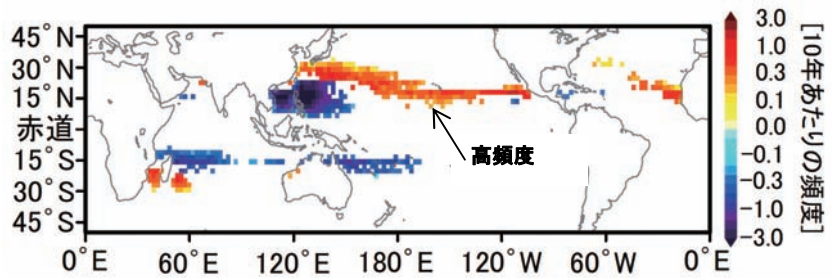
進路が定まらず、停滞して長時間大雨が続いて浸水を引き起こしたり、進路が反転する台風なども近年みられ、予測が難しく対策を講じる前に上陸するなどしたりするケースもあり、このような進路の不規則性が想定外の被害をもたらす要因となり得る。

4. 今後の災害予測

(1) 日本付近での台風の強大化と進路の変化予測

今後の災害の予測について、台風に関しては、今年の台風にみられるように、強い勢力

(図8) 猛烈な台風が存在する頻度の変化



(出典) 気象庁気象研究所「地球温暖化で猛烈な熱帯低気圧(台風)の頻度が日本の南海上で高まる～多数の高解像度温暖化シミュレーションによる予測～」2017年10月26日報道発表資料

を維持したまま日本に上陸するケースが増えるとする見方が多い。

気象庁気象研究所のシミュレーションでは、地球上の各地域ごとにみた場合、日本の南海上からハワイ付近およびメキシコの西海上にかけて猛烈な台風(最大風速59m/秒以上)の通過が現在よりも増加する可能性が高いとの結果が得られている(図8(「高頻度」の地域))。不確定要素があるものの、(図4)でみたように日本周辺海域の水温の上昇率が高いことが主因である。

また、地球温暖化が進んだ場合の台風のコースについても、諸研究で分析されており、現在よりやや東にずれる可能性が指摘されている¹³。たとえば今年の21号は近畿地方に上陸したが、同等の勢力の台風が関東に上陸する確率が今後高まることを意味し、これまでのコースと異なるということは防災意識に乏しい地域を進むため、被害が大きくなりやすいということになる(関連性は不明だが、2016年には東北地方太平洋側や北海道に直接上陸する台風が相次いだ。)

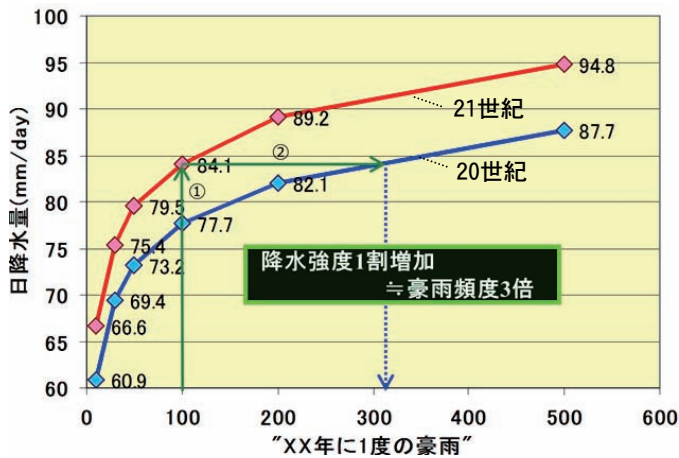
(2) 降雨量以上に増加する水・土砂災害

また、水害・土砂災害の多発化を指摘する分析が多くみられる¹⁴。要因として掲げるの

13 「地球温暖化予測に基づく将来台風変化予測とその確率モデリング」2009 『土木学会論文集』Vol. B 2-65ほか

14 前掲4の統合レポートなどに記載

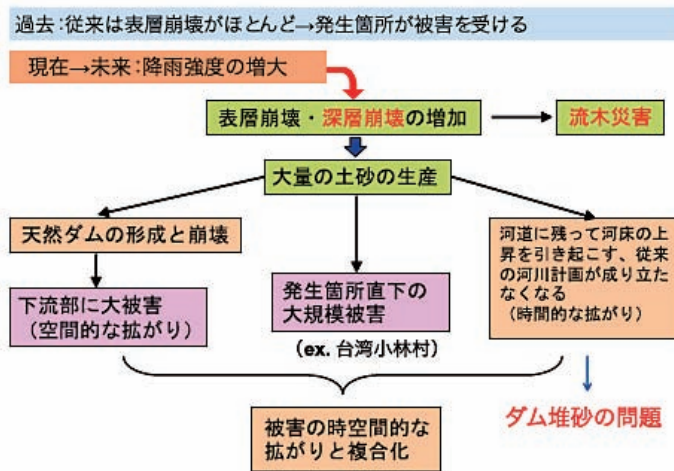
(図9) X年確率降水量(年最大日降水量)
東京付近の推計



※ 温暖化に伴い降水強度が増すことで、現在、例えば「300年に1度」の頻度で発生する豪雨が、「100年に1度」の頻度で発生するようになると考えられている。

(出典) 内閣府「防災4.0」未来構想プロジェクト」平成28年6月「従来の想定を超える豪雨の高頻度化」より

(図10) 将来の水・土砂災害の形態・様相



(出典) 小松利光「レジリエンスの向上のための防災・減災分野の適応策」2015

が温暖化による短時間集中豪雨の頻発化（一例として（図9）参照）であるが、世界的にみても前述の熱波による広域山火事や噴火により噴出物が堆積した後の降雨によって、土

石流が発生したり、胆振地震のように水分を含んだ土壌が地震動で崩壊したりするなど、豪雨と他の要因が絡んで様々な形態の土砂災害が生じ得る。

総降雨量の大きな降雨頻度の増大により、通常起こる表層崩壊でなく、深層崩壊¹⁵も起きるなどして、大量の土砂・流木が流出した場合、その土砂が堆積して河道閉塞・天然ダムが形成されたり、河床が上昇して、基準水量以下でも堤防が決壊し易くなるなど、河川氾濫・浸水被害の激甚化につながるという二次災害リスクに留意する必要がある（図10）。

すなわち、これまでの防災基準としていた降雨量を下回る降雨での堤防決壊等の発生の可能性が高まるようになる。その降雨量自体も今後増えることから、発生確率がこれまでの想定より高まり、防災対策の基準をより厳しくする必要があるということになる¹⁶。

また、国土技術政策総合研究所の研究でも、降雨変化倍率が、洪水流量の倍率、氾濫可能性倍率などにどのように連鎖していくかを分析した結果、温暖化による降水量増加率以上に、氾濫可能性（確率）増加率が増幅していく傾向があるという結論を導いている¹⁷。

5. 共済・保険の課題・留意点

最後に、以上のような複合災害の増加を中心とした災害態様の変化傾向を踏まえ、共済・保険として留意すべきと考えられる点を挙げる。

15 深層崩壊：これまでの土砂崩れは、山の表面の土壌の部分だけがぐずれ落ちる「表層崩壊」が多いが、降雨量の大きい豪雨により、深部から岩盤ごと崩壊する深層崩壊が多発する可能性がある。この崩壊では大量の土砂が流出し、二次災害を含め、甚大な被害をもたらす。2011年の紀伊半島大水害は典型である。

16 前掲4の統合レポートP.96など

17 国土技術政策総合研究所「河川・海岸分野の気候変動適応策に関する研究」2017

① 複合災害の多発化における担保の考え方

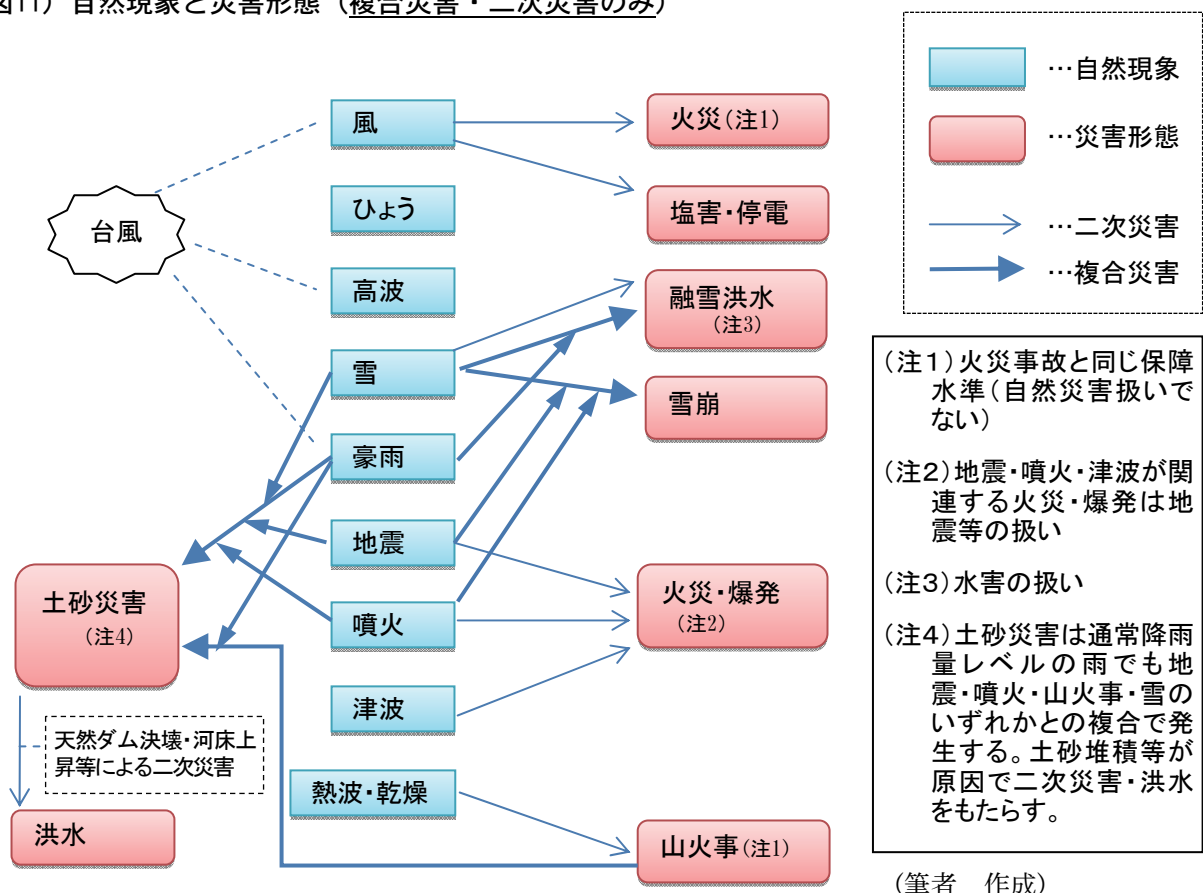
自然災害における共済・保険金の支払については、災害の種類ごとの区分により支払要件・支払額を変えているのが現状である。

災害ごとのリスク要因が、対象物件の構造別・地域別などで差があることや、発生時の担保力を勘案して、災害別に支払額を区分しているというのが実際のところであるが、これまで見てきたような気候変動を主因として、様々な現象の複合的な災害が発生しやすくなる(図11)。特に、温暖化・短時間豪雨を原因として、土砂災害・水害にその傾向が強くなり、地震や火山の噴火が絡んだ相乗作用で甚大な災害を引き起こすケースが増えると

考えられる。台風の強大化によって、風害・水害の区分も容易ではなくなることも考えられよう。その場合には統計的な把握の面で、どの自然現象で起きたのかという区分自体がより難しくなることも想定される。

直ちにこのような災害が増大する可能性は低いとしても、温暖化の進行により、例えば将来的には「自然現象」ごとの支払区分ではなく、包括的に災害リスクを捉えて総合保障化することを視野に入れる検討もあり得よう。ただし、特定の自然災害を不担保にする特約方式や、災害別に支払要件・水準、出再方式や担保の趣旨が大きく異なっている現行の問題¹⁸をどうするかといった点が課題とな

(図11) 自然現象と災害形態 (複合災害・二次災害のみ)



18 例として、地震や火山噴火の担保水準は、通常他の自然災害より低く設定されている。また、家計分野の地震保険は、その趣旨が、“地震等による被災者の生活の安定に寄与すること”を目的としており、財物の補償を目的としていないことなど、他の自然災害とまったく構造を異にしていることも複合災害が増える状況下での課題となると考えられる。

る。

その検討においては、たとえば、包括的に簡素化する体系なども考えられるであろうが、その場合であっても、保障の目的を再建するという本来の目的に沿うことが、被共済（被保険）者が期待する点と考えられることから、実際の損害の額との乖離（ベシスリスク）が生じないようにするにはどのような方式が妥当かが課題となると思われる。

② 波及損害の取扱い

今年の台風・地震では、前述の塩害や長期間のブラックアウト（広域停電）という想定外の二次災害・波及損害が生じ、問題となった。これらについても電気設備・技術面が絡む複合的な災害ということもできる。

このような設備・電氣的事故の損害について、1件当たりの損害額は少額と考えられる半面、広域停電等が生じれば罹災件数自体は相当規模にのぼるという共済・保険での担保化が非常に難しいケースに該当する。しかし、現時点ではそれぞれの個人・法人ごとの損失は自己負担可能な水準であるケースが多く、また、事故体験を踏まえて技術面の改善策を施すことによって事前防止が可能となるという点で、当面は担保の対象外とする取扱いで問題ないと思われるが、気候変動は全く想定外の事象を起こすリスクをはらんでおり、事前対策が追従できるかを十分踏まえながら将来的に注視していく必要があろう¹⁹。

③ 損害賠償責任の問題

自然災害によって例えば所有建物の屋根瓦・看板等が飛んで他人の物を損傷したような場合、工作物責任でいうところの瑕疵がないというのは一般に予想される程度までの強風等に堪えられるものであることから、いわ

ゆる「想定外」といわれるケースまで損害賠償責任を負うことはなく、気候変動で前例のないレベルの災害が生じた場合は責任を免れるというのが一般的概念である。したがって、自然災害を原因とする自己の損害は自己の共済・保険加入によって罹災した場合に備えるというのが基本となる。ただし、猛烈な短時間豪雨・旋風等が今後増加し、恒常化するほどになってくれば世間一般で認識する不可抗力ではなく、損害賠償責任を負うことにもなってくる。工作物でない場合の一般不法行為として過失が認定されるかも同様の考え方である。

今後の異常気象等への一般人の考え方、一般的な建物の構造がどうあるべきかなどの社会通念の変化によることになってくるが、将来的には徐々に事前回避義務が厳しくなり、建築物の構造規制の強化、動産・設備の設置の厳格さを求めることが一般的になり、損害賠償責任を免れるための条件はより厳しくなってくると考えられる。

賠償責任共済・保険において、自然現象に対する耐久性がどの程度具備されているかも今後のリスク要素として比重が重くなってこよう。見方を変えれば、損害賠償責任を担保する仕組のニーズが拡大していく可能性も想定されることになる。

④ 自動車分野のリスクの変化

今年の近畿地区を襲った台風21号の猛威の報道では、特に自動車が転覆する様子が頻繁に映し出された。

自動車分野は、自動運転技術（運転支援機能）の進展によって、事故率が著減するのではないかと、極論すれば生産物賠償責任分野に移行して、既存の自動車共済・保険は存続意義が薄れるのではないかとといった論調もみら

19 拙稿・前掲12のレポートで記したように、噴火による降灰被害で、現代社会では特に電氣的事故による損害が深刻化するが、同様の損害が生じることへの対応のための注視の必要性である。

れる。

たしかに、自動車の車両本体の安全機能の比重が大きくなり運転者の無事故等級制度等の存続のあり方の議論がなされるのは理解できる点ではあり、大阪周辺での今回の台風被害をみると、走行の過失に起因する事故よりも車両自体の管理や保管状態に左右される面が大きくなると考えられる。

自然災害とは別にさらに考えられるのが、自動運転機能がどの程度現実化するかの議論はあるものの、懸念されているのがサイバーリスク等のシステム面のリスクである。仮に発生すれば時間的集中・大量発生リスクという問題が生じることになり、その点では、自然災害と同様な性格を持つといえる。

車両所有者の運転支援機能のシステムメンテナンスを含めて、日常の車両の保守点検状況や防災のための管理状況（駐車場所の状況等）などが今後のリスク判断の要素として比重が増すとともに、これまでは事故の発生・共済金支払いが時期的にも額的にも、ほぼ均等に発生していたのが自動車事故の特性であったものが、集中・大量発生の比率が高くなっていくと考えられ、この点への対応の必要性が増してくると思われる。

⑤ リスクマネジメントの役割

気候変動が激しく複合損害や波及損害など想定外の被害が多発化するなかでは、従来以上に保障範囲の包括性が重要となってくる。建物分野で言えばJAの建物更生共済などは、すべての保障の組み込み仕組によってリスクの分散・平準化を図ることができ、比較的低廉な価格で多くの契約者に保障提供できるとともに、個々の契約者が従来想定できなかったような災害に関しても救済が可能となる。

また、法制度の動向としては、国、地方公共団体、事業者、国民が気候変動適応の推進

のため担うべき役割を明確化すべく、「気候変動適応法」が2018年6月7日に成立した（12月1日施行）。今後、地域ごとの事情があるため、地域に即した実効的な適応策策定が課題となるが、適応策は地方創生、持続可能な地域づくりの推進力になり得るものである。

地域に根差したJAとしても、地域でしかわからない知識・伝承等を、外部からの移住者を含めて推進時などに情報提供するとともに、ハザードマップの再確認、土砂災害危険地域等であれば事前に警報発出時の対処プロセス等の周知を進める等、各個人の防災対策に貢献する努力が求められよう。

勿論、共済団体としてのこれまでの様々な物件罹災状況の経験を踏まえて、統計的な情報や、全国のある地域での教訓を他の地域にも活かすべく、地方自治体等に提供することも必要となる。

6. おわりに

われわれ日本人はあらゆる災害が発生する列島に居住している。

大小の地震は絶えず発生し、湿潤・多雨で急峻な地形、そして今後の気候変動で短時間豪雨が増え、台風が強大化して上陸し、暴風雨に晒され、広域浸水、土砂崩れが多発する。土砂が河川を埋め、洪水が絶えない。さらに火山国で噴火被害とともに、先史時代から降り注いだ火山灰の堆積で崩れやすい土壌が追い打ちをかける。

このような「災害列島」という宿命的な言葉に象徴される国土に住まうわれわれ日本人にとって、その日本の自然の猛威と闘い、受け入れながら生きてきた先人たちからの伝承の重みは一層増してくるようになると思われる。

本誌（『共済総研レポート』No.131（2014年2月））で以前に紹介した『自然災害と民俗』の著者でもある野本寛一近畿大学名誉教授（文化功労者）は、かつてこのように語った。

「東日本大震災の被災地を歩くと「私たちのことが忘れられてしまうのではないか」という不安の声をよく聞く。(中略)阪神大震災の体験知・伝承知は、20年でどれだけ蓄積・熟成されただろうか。地球温暖化による気候変動などで、通用しなくなった自然暦も多い。南海トラフ巨大地震の津波予想による浸水線は、これまでの記録、伝承をはるかに超えている。阪神大震災で倒壊した高速道路の映像、東日本大震災の巨大津波の映像は、すべての日本人を震え上がらせた。家庭で、共同体で、そうした新たな体験知を、地域を超えて我が

こととして語り継ぐことの大切さを改めて感じている。」²⁰

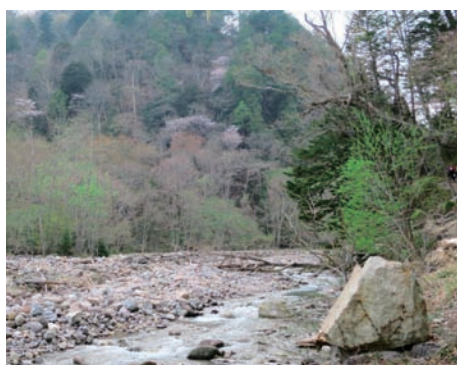
これまで述べてきたように、地震に限らず、地球温暖化の進行により、過去の伝承などをはるかに超える規模の現象・複合的な災害が起きているからこそ、そのような先人の残した伝承を地域全体でしっかりと心に刻み、その上で、さらにそれを上回る災害が起こり得ることを新たな伝承として後世に伝えていくことがわれわれの使命ともいえるであろう。

(2018年11月5日 記)

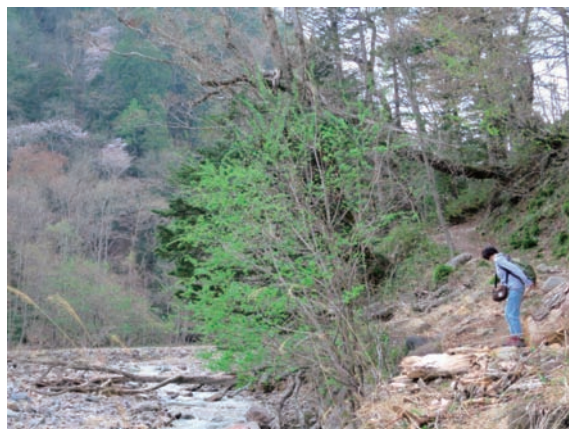
＜鬼怒川上流にて（栃木奥鬼怒・女夫漕付近 2018年5月 筆者撮影）＞

2015年の鬼怒川下流の堤防決壊・大洪水を引き起こした際の痕跡とみられ、いたるところで流木・崩落した巨石がみられた。水量の少ない上流域においてもこれだけの氾濫が起きたのであり、下流域においてさらに水量が増して常総市等に甚大な被害をもたらしたのは必然と思われる。

平時はハイキングで楽しめる秘境の遊歩道だが、崩落して未だに歩きにくい箇所が随所にみられ、まさに急峻な地形での水害リスクに晒される我が国の象徴的な光景のように思えた。



流木と1メートルほどの崩落した巨石



崩れかかった河原の歩道
歩道をふさぐ倒木



歩道に、いたるところに倒木

20 「論点：阪神大震災20年」、『毎日新聞』2015年1月16日付