

自然災害考

— 気象・地象災害 —

下 道國

環境科学フォーラム会員
(元 藤田保健衛生大学教授)

1. はじめに

わが国は、世界的に見ても自然災害の種類が多く、発生頻度が高い国である。気象現象の台風(暴風雨)、豪雨(洪水・氾濫・土石流)、豪雪と雪崩などの災害も、列島の地理的位置によりほぼ毎年頻発し、我々を悩ましている。

地象現象の地震・津波と噴火・降灰は、環太平洋造山帯の中にあっては避けることはできず、十数年から数十年に一度の割合で発生している。2021 年は福島第一原子力発電所事故(福島原発事故)から 10 年になる。この事故を引き起こしたのは、東北地方太平洋沖地震による津波である。地震はマグニチュード 9.0 という世界的にも稀な巨大地震であった。地震の破壊力もさることながら、地震により引き起こされた津波の破壊力はすさまじく、これによる災害は人々の記憶に長く残り、後世に長く伝承されることは間違いない。

災害は、「自然災害」、「人為災害」、および原因は自然にあるものの、人工の物体により二次的に生じた災害(これを「複合災害」としよう)に分けることができる。自然災害は、言うまでもなく、自然現象により発生する災害であり、人知・人力をもって如何ともしがたい。人為災害は、人間活動により製造された物体による災害である。その最たるものは戦争による災害であるが、平時においては、鉱山(特に石炭鉱山)や石油関連施設、輸送関連そして原子力・放射線関連の事故などがある。

福島原発事故は、自然災害を起こす地震では原子炉は耐えたが、同じく自然災害を起こす津波による人工物の破壊での災害であるから、複合災害といえる。2019 年末から世界中に流行し出した新型コロナウイルス COVID-19 による疫病も、現時点では災害そのものである。ウイルスや細菌等の発生は自然と考えられるものの、その広範な流行と疾病ならびに死亡は、複合災害以外の何物でもない。

この小論の姿勢は、被害の大きい自然災害を列挙することであり、災害の質的内容、すなわち、災害による具体的な酷さの程度からくる心労、経済・社会的損失、ならびに行政と人々の対応等については記述しない。これらに関しては、行政やメディアによる多くの詳細な報告があるので、そちらに譲る。以下では、それぞれの災害について、過去の事例を挙げて状況を概観し、その出現頻度、災害の大きさを知り、防災を考える一助としたい。

2. 気象災害

まず、自然災害の中でも顕著な気象災害を、特に台風を中心にみることにする。1927 年(昭和 2 年)から 2018 年までの 92 年間の気象災害が理科年表 2020 に記載されているが、それに基づき台風災害、豪雨災害および豪雪災害の経年図を図 2-1 に示す。図の縦軸は死者数を表しており、図中に記載されている災害名は、気象庁が甚大な被害と認めた災害である。以下では、台風を先述し、豪雨災害と豪雪災害およびその他は後述する。

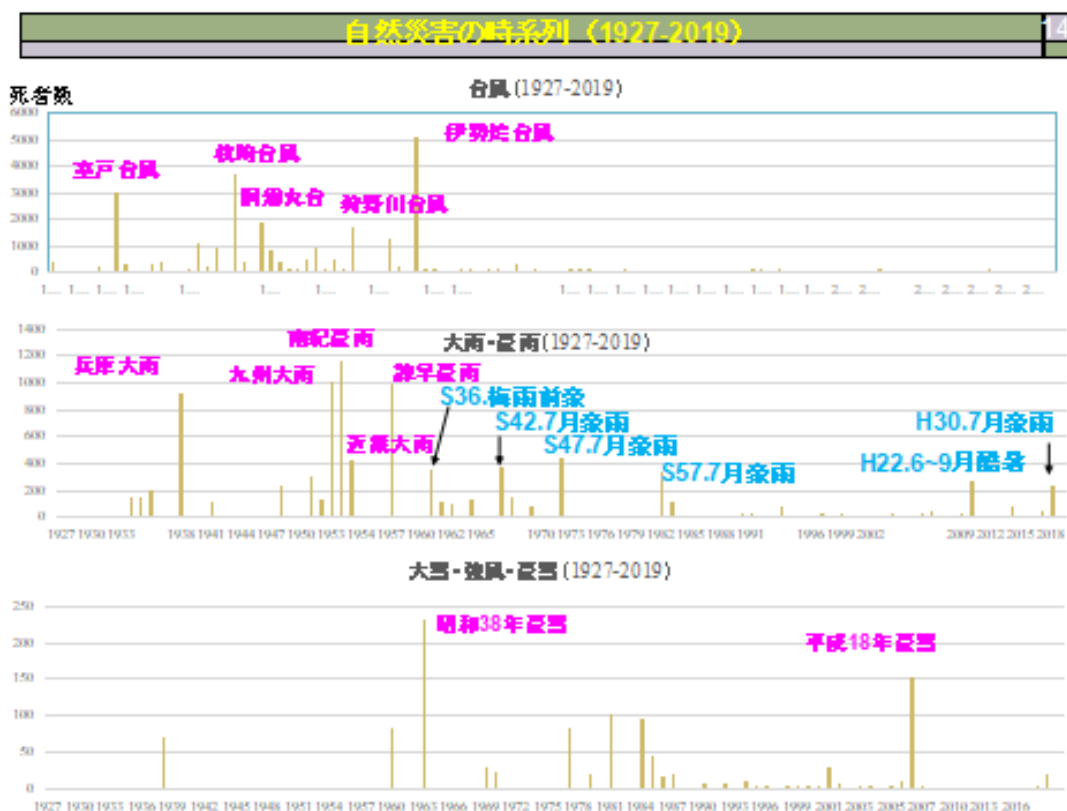


図 2-1 台風、豪雨、豪雪の災害経年図

2.1 台風

昭和初期から昭和 34 年 (1959 年) の昭和期の前半に大きい災害のあったことが、図 2-1 から見て取れる。但し、伊勢湾台風以後に死者数の多い台風被害がなかったことが、猛烈な台風が来なかったことを表しているのではないことに注意したい。その理由は、災害復興では、当時の折からの高度成長期と相まって、河川・海岸の堤防のインフラの整備が進み、何よりも居住地が整備され個人住宅が堅固なものとなったことが、見た目の被害を矮小化したと思われる。

表 2-1 は、台風の最盛期の気圧、すなわちその生涯での最低気圧である。1979 年 (昭和 54 年) 台風 20 号の 870 hPa は、ハリケーンやサイクロンなどを合わせた世界中で発生する熱帯性低気圧の最低記録と思われる。イタリック体文字は直近 50 年以内の台風であるが、その数 12 のうち、1950 年代 3、1960 年代 1、1970 年代 5、1980 年代 2、1990 年代 0、2000 年代 0、2010 年代 1 である。これから、1970~1980 年代に超怒級の猛烈な台風の多かったことがわかる。しかも、その半分近くは日本列島の北緯 30 度以北の九州・四国・本州のどこかに上陸している (南西諸島と小笠原諸島への上陸は除いた)。狩野川台風以降の台風には固有の名前がないのは、気象庁の命名基準 (コラム参照) に照らして被害が大きくなかったためである。

表 2-2 は、九州以北に上陸した台風の上陸時の気圧を示した。これを見れば、上陸時の最低気圧ランキングでは、1970 年代以前に上陸した台風に多いことがわかる。特に、室戸台風、枕崎台風、伊勢湾台風の 3 大台風のほか、第 2 室戸台風、ルース台風など、災害記録に名を残している台風からみれば、上陸時の気圧が重要な因子といえよう。1934 年 (昭和 9 年) に室戸台風が記録した 912 hPa の記録 (室戸岬測候所) は、90 年近くになるが破られていない。

表 2-1 台風の最低気圧ランキング

	台風名 (死者数)	最低気圧 (hPa)	年月
1	<i>S54 20号 上陸 (111)</i>	<i>870</i>	<i>1979.10</i>
2	<i>S48 15号</i>	<i>875</i>	<i>1973.10</i>
2	<i>S50 20号 上陸</i>	<i>875</i>	<i>1975.11</i>
4	<i>S33 22号 狩野川台風 (1,269)</i>	<i>877</i>	<i>1958.9</i>
5	<i>S41 4号 上陸 (83)</i>	<i>880</i>	<i>1966.6</i>
5	<i>S53 26号</i>	<i>880</i>	<i>1978.10</i>
5	<i>S59 22号</i>	<i>880</i>	<i>1984.10</i>
8	<i>S28 7号</i>	<i>885</i>	<i>1953.8</i>
8	<i>S34 9号</i>	<i>885</i>	<i>1959.8</i>
8	<i>S46 35号</i>	<i>885</i>	<i>1971.11</i>
8	<i>S58 10号 上陸 (44)</i>	<i>885</i>	<i>1983.9</i>
8	<i>H22 13号</i>	<i>885</i>	<i>2010.10</i>

注 S は昭和、H は平成を表す。イタリック体：1970 年以降
(次の表 2-2、表 2-3 のイタリック体の違いも同じ)

表 2-2 上陸時の最低気圧ランキング

	台風 (名)	年月日	hPa
1	室戸台風	1934.9.20	912
2	枕崎台風	1945.9.17	916
3	<i>H16年 18号</i>	<i>2004.9.4</i>	<i>924</i>
4	第 2 室戸台風	1961.9.15	925
5	伊勢湾台風	1959.9.26	929
6	<i>H5年 13号</i>	<i>1993.8.31</i>	<i>930</i>
7	ルース台風	1951.10.13	935
8	S40 年 23 号	1965.9.9	940
8	<i>H3年 19号</i>	<i>1991.9.24</i>	<i>940</i>
8	<i>H23年 15号</i>	<i>2011.9.15</i>	<i>940</i>

表 2-3 上陸後の最大風速ランキング

	台風 (名)	年月日	m/s
1	S40 年 23 号	1965.9.9	69.8
2	ルース台風	1951.10.13	69.3
3	第 2 室戸台風	1961.9.15	66.7
4	洞爺丸台風	1954.9.25	63.3
5	<i>R1年 19号</i>	<i>2019.10.19</i>	<i>55</i>
6	枕崎台風	1945.9.17	51
7	伊勢湾台風	1959.9.26	45.5
8	<i>H23年 15号</i>	<i>2011.9.15</i>	<i>45</i>
9	<i>H21年 21号</i>	<i>2018.9.3</i>	<i>45</i>
10	<i>R1年 15号</i>	<i>2019.9.9</i>	<i>40</i>

表 2-3 は、上陸後の最大風速ランキングである。風速は、台風の進行方向の右半円後方で強く、地形等にも左右される。最大風速が最も速かったのは 1965 年 (昭和 40 年) の台風 23 号で 69.8 m/s である。瞬間最大風速はその 1.5 倍ほどであるから、そのすさまじさは想像を絶する。ただし、上陸時の気圧は 940 hPa で、ランキングでは低い方であったから、最大風速は必

ずしも中心気圧が最も低い時とは限らないことがわかる。しかし、表 2-1 と表 2-2 を比べてみると、両表に載っている台風は、枕崎台風（昭和 20 年）、第 2 室戸台風（昭和 36 年）、伊勢湾台風（昭和 34 年）、ルース台風（昭和 26 年）、昭和 40 年台風 23 号、平成 23 年台風 15 号の 6 つの台風がある。気圧と風速のランキングが必ずしも合わないものの、決して無相関とは言えないだろう。

台風災害の観点からは、台風の大きさや台風の強さ（最大風速）に最も留意をしなければならないが、台風の強靭性の点からすれば、中心気圧に着目しなければならない。

台風災害では、死者の数が災害の大きさを示すことは間違いないが、それだけでなく、住家の損壊と浸水、耕地の浸潤、堤防の破壊、森林の損壊、船舶の損壊・沈没、道路や鉄道の損壊等々にも留意しなければならない。そこで、被害を総合的に見るために、各項目は単位が異なるが、それぞれをポイントとみなして重み付をして和を取った「総合指数」を提案したい。

$$\text{総合指数(pt)} = \text{死者(数)} + 0.01 \text{ 住家(数)} + 0.001 \text{ 浸水(棟)} + 0.001 \text{ 耕地(ha)} + 0.01 \text{ 船舶(隻)}$$

この式に、森林、道路、鉄道を入れていないのは、理科年表から読み取れなかったことによる。各項目への「重み」には異論もあろうが、一つの試案である。その結果を、総合指数の大きい順にして、表 2-4 に示した。

この総合順位 10 位までに、昭和 20～36 年の 17 年間で 8 台風が入っていて、昭和 40 年代以後の 50 年以上の間には大きな災害の発生はない。過去、伊勢湾台風が最も大きい災害をもたらしたことになるが、これには異論はないであろう。

第 2 室戸台風は、猛烈な台風であったことで記憶されているが、死者数が少ないことから甚大な被害のあったことへの認識が欠け気味である。しかしながら、この総合指数では、住家の損壊、浸水が非常に大きかったことから上位に入り、災害の大きかったことが改めて認識される。伊勢湾台風とともに 3 大災害台風と云われる室戸台風と枕崎台風の両台風が、4 位までに入っていることも頷けることである。注意すべきことは、枕崎台風では船舶の被害が示されておらず、また終戦直後のことで統計が正しく取れていない嫌いがある。また、室戸台風では耕地が集計されていない。これらの点が配慮されれば、両台風の総合指数はもう少し上がるであろう。

山林の風害と沿岸の高潮被害では、災害の内容が違うから一律に言うのは誤解を生じることにもなるが、固有の名称とともに、この総合指数によって災害の重大さをより意識することになり、台風災害を忘れず、防災対策を怠らないことに繋がるであろう。

上記の分析に対して、伊勢湾台風以降は、高度成長とともに海岸や河川の堤防の強化・改修が行われ、風水害に耐える住宅地および家屋の整備が実行されて死者の数が激減し、近年は台風災害が大きく目立たなくなったからであって、巨大な台風（スーパー台風）が減ったと考えるのは違うのではないかと指摘がある。前述したように、災害が発生する都度、以前よりはより優れてかつ強固たるべく施策が取られてきたのは疑いなく、この指摘には一理ある。また、近年、地球温暖化の影響によりスーパー台風が増えているとの説もある。しかし、台風が「スーパー台風」であるか否かは、最盛期の中心気圧を見ればよく、1950 および 1970 年代に比べて、その後はスーパー台風が少ないことは否めない。

なお、「スーパー台風」とは、米軍合同台風警報センターによるランク付けで、最大風速 67m/s 以上の極めて強い台風を指す。最大風速が、どの時点、どの地点での値であるのか、日本では定義を含めて明確でないので、ここでは、最盛期の中心気圧が 900 hPa 以下の台風を指すこととした。

表 2-4 災害規模の総合ランキング (10 位まで)

台風名	死者 (人)	住家 (数)	浸水 (棟)	耕地 (ha)	船舶 (隻)	総合 (pt)	備考 (甚大被害地等)
伊勢湾台風	5,098	833,965	363,611	210,859	7,576	14,085	昭和 34、全国、 (愛知、三重：高潮)
第 2 室戸台風	202	499,444	384,120	82,850	2,540	5,815	昭和 36、全国、 (大阪湾沿岸：高潮)
枕崎台風	3,756	89,839	273,888	128,403	—	5,055	昭和 20、西日本、 (広島市、呉市)
室戸台風	3,036	92,740	401,157	—	27,594	4,639	昭和 9、九州～東北 (大阪附、京都府)
洞爺丸台風	1,761	207,542	103,533	82,963	5,581	4,076	昭和 29、全国、 (洞爺丸転覆)
ルース台風	943	221,118	138,273	128,517	9,596	3,522	昭和 26、全国、 (山口県：錦川流域)
カスリーン台風	1,930	9,298	384,743	12,927	—	2,418	昭和 22、関東、東北 (利根川・荒川決壊)
周防灘台風	1,158	102,374	132,204	26,846	3,936	2,378	昭和 17、九州～近畿 (山口県：高潮)
S28 台風 13 号	478	86,398	495,875	318,657	5,582	2,209	昭和 28、全国、 (近畿：淀川水系決壊)
狩野川台風	1,269	16,743	521,715	89,236	260	2,048	昭和 33、近畿以北、 (静岡：狩野川決壊)

(注) 死者：行方不明を含む、住家：全・半壊、一部破損、浸水：床上・床下、
耕地：流失・埋没・冠水、船舶：沈没・流失・破損、

2.2 豪雨・大雨

表 2-5 では、昭和 2 年 (1927 年) から平成 30 年までの豪雨・大雨による顕著な災害、すなわち前節で定義した「総合指数」が、昭和年代は 500 以上、平成年代は 100 以上の災害 (太字は命名された豪雨；以下同じ) について示した。

昭和 20 年代と 30 年代は、台風災害と同様に災害が多かったこと、かつ被害の大きい災害であったがわかる。また、死者・不明者の多い災害では、同時に、住家の損壊、浸水地域、耕地面積の大きい傾向のあることが見て取れる。

同表からは窺えないが、平成の 30 年間は、死者・不明者が 100 名を超えたのは 15 件中 1 件であり、残りの 14 件は 1～2 桁にとどまっている。この傾向は、台風災害の場合と同様である。その理由としては、台風の例でみたように、主には災害を再び起こさないようにという手厚い復旧によることが考えられるが、同時に気象状況が以前よりも穏やかであったことも関係していると思われる。

また、誰もが体験的に理解していることと思われるが、豪雨・大雨は 7 月に集中している。これは、この季節は太平洋高気圧とオホーツク高気圧が日本列島上で拮抗しており、そこに梅雨前線が出現していることと大いに関係がある。

地域名称が付いた豪雨は、その地域に限られた局地的な豪雨と、全国的な豪雨ではあったものの甚大な被害があった地域を現しており、被害地域が良くわかる豪雨である。昭和 28 年には、6 月末から 7 月末の 1 か月間に全国的に災害が起きているが、特に熊本県 (九州～中国の大雨) と紀伊半島 (南紀豪雨) に甚大な被害が発生している。この 2 件の豪雨と昭和 13 年の豪雨、及び昭和 32 年の「諫早豪雨」ならびに昭和 36 年の「昭和 36 年梅雨前線豪雨」の被害

の大きさが目立つ。平成 30 年の「平成 30 年 7 月豪雨」は、西日本豪雨とも呼ばれ、近年では珍しく甚大な災害をもたらした。なお、豪雨・大雨ではあるが、船舶の被害の大きい例が少なからずあるのは、前線や低気圧に伴う強風のためである。

表 2-5 豪雨・大雨による 13 件の災害（総合指数：昭和 500、平成 100 以上）

豪雨名称等 (被害甚大地域)	死者・不明者(人)	住家 (棟)	浸水 (ha)	耕地 (ha)	船舶 (隻)	総合 (pt)
S13 大雨(兵庫)	925	9,123	501,201	—	—	1,517
S26 大雨(中部以西)	306	1,585	103,298	139,821	98	566
S28 大雨(九州～中国)	1,013	34,655	454,643	269,813	618	2,090
S28 南紀豪雨(和歌山県)	1,124	10,889	86,479	98,046	112	1,419
S32 諫早豪雨(長崎県)	992	6,811	72,565	43,566	222	1,176
S36 梅雨前線豪雨(全国)	357	8,464	414,362	340,449	21	1,197
S42.7 豪雨(九州～関東)	371	3,756	301,445	44,444	5	754
S47.7 豪雨(全国)	442	4,339	194,691	84,794	2	765
S51 台風と前線(全国)	169	11,193	442,317	80,304	237	806
H5.8 豪雨(西日本)	79	824	21,987	746	—	110
H26.8 豪雨(全国)	91	4,817	16,517	—	—	156
H27 関東東北豪雨	20	7,555	15,782	—	—	111
H30.7(西日本)豪雨(全国)	245	22,214	28,510	21,168	86	518

2.3 豪雪・大雪

豪雪と大雪の災害例（総合指数 30 以上）を表 2-6 に示す。豪雪の災害が山陰・北陸地方から東北・北海道に多いのは、地理的条件によると理解できる。

総合指数が豪雨・大雨による指数より小さいのは、住家、浸水、耕地、船舶等による被害が、豪雨・大雨の場合に比べて小さいからである。しかしながら、昭和 38 年の「昭和 38 年 1 月豪雪」、昭和 55 年 12 月下旬から同 56 年 2 月にかけての大雪（地元では「56 豪雪」という）、及び平成 18 年の「平成 18 年豪雪」の 3 豪雪では、死者・不明者の人数が 100 名以上と多いだけでなく、住家の被害も大きかったのは注視すべきである。昭和 50 年代に被害の多かったことが見て取れるが、総合指数はそれほど大きくはない災害である。

なお、豪雪・大雪では、風を伴う被害（豪風雪）にも注目すべきである。

2.4 最近の台風、豪雨、豪雪の災害

平成 20 年代後半から現在（令和 3 年）までの期間は、それ以前と比べると被害の大きい災害が増えている。直近の 5 年間について、台風、豪雨・大雨、豪雪・大雪、暴風の災害を理科年表（2020 版）と気象庁のホームページに記載されている全てを、表 2-7 に挙げた。これらを見れば、毎年複数の災害が起きており、当該災害程度はカバーすると思われる災害復旧工事を見れば、年々被害は縮小していくのではないかと考えてきたと推測されるのであるが、固有名称が付けられた事象が近年増えていることも合わせて考えると、被害の大きい災害が増えているのは間違いないようである。

このことが、人間活動による温暖化が異常気象を生む原因となり、それが大型の台風、豪雨・豪雪をもたらしているのではないかとこの考えを惹起している。しかし、実際にそうであるかについては、更なる綿密な検証が必要であろう。すなわち、気象を変化させる要因が、単に気象要素だけでなく地象・海象現象や天文現象を含めて多くあること、一時的なインパクトと

持続的な影響力の違い、それらが相互に絡み合っていること、また短期的な変動と長期的なトレンドを識別して考慮しなければならず、極めて複雑であることにある。

表 2-6 豪雪・大雪による 12 件の災害 (総合指数 30 以上)

豪雪名称 (甚大地域)	死者・不明者 (人)	住家 (棟)	浸水 (ha)	耕地 (ha)	船舶 (隻)	総合 (pt)
S13 雪崩 (新潟)	70	—	—	—	—	70
S35 暴風雪 (東北・北海道)	84	167	7	—	87	86
S38.1 豪雪 (全国)	231	6,005	7,028	—	—	298
S44 暴風雪 (北陸～北海道)	31	117	99	—	1,085	43
S51 雪害 (全国)	84	826	770	—	—	93
S54 暴風雨・雪 (全国; 除沖縄)	20	4,725	184	616	—	68
S55-56 大雪 (全国)	103	5,819	5,553	25	1,269	179
S58-59 大雪 (全国)	96	939	515	—	—	106
S59-60 大雪 (全国)	46	139	—	—	—	47
S62 大雪・強風 (九州～東北)	37	2	—	—	6	37
H13 大雪・強風 (九州～北海道)	40	35	42	3	3	40
H18 豪雪 (四国～北海道)	152	4,713	113	—	—	199

表 2-7 直近 5 年間 (H29.1.1~R3.8.31) の台風・大雨・大雪・暴風の記録 (18 件)

年月日	名称等	被害地域	死者・不明者数、他
H29.6.7-7.27	九州北部豪雨	西・東日本	死・不 44 (朝倉市 34)
9.13-18	台風 18 号、前線	全国	死・不 5
10.21-23	台風 21 号、前線	全国	死・不 8
H30.1.22-27	大雪・暴風雪	東日本	死 5
2.3-8	大雪	北陸	死 22
6.28-7.8	H30.7 (西日本) 豪雨	全国	死・不 245、記録的大雨
9.3-5	台風 21 号		死 14、近畿で顕著な高潮
9.28-10.1	台風 24 号		死 4、紀伊で顕著な高潮
R1. 8.26-29	前線大雨	北九州	
9.7-10	令和元年房総半島台風		千葉県; 送電線鉄塔の倒壊
10.10-13	令和元年東日本台風		千曲川、阿武隈川氾濫
10.24-26	低気圧大雨	千葉・福島	
R2.7.3-31	R2.7 豪雨	西・東日本	広島市西区 球磨川氾濫 (死・不 60 以上)
9.4-7	台風 10 号	九州以南	野母崎; 瞬間最大風速 59.4m/s
12.14-21	大雪	日本海側	群馬県水上町; 積雪 291cm
R3.1.7-11	大雪・暴風	日本海側	平地の積雪 1m 超え
7.1-3	大雨	東海・関東	熱海市; 土石流 (死 28)
8.11-19	前線・大雨	西・東日本	雨量 1200mm 超え

コラム

台風の区分

台風とは、北西太平洋（赤道以北の東経 180 度から南シナ海までの海域）の赤道気団内部で発生する熱帯性低気圧のうち、風速 17 m/s（34 ノット、風力 8）以上のものをいう。風速 25 m/s 以上の風域が暴風域である。最大風速によって強さが区分され、強風域（風速 15 m/s 以上）によって大きさが区分されている（コラム表 1, 2）これにより「大型で非常に強い台風」などと表現される。但し、中心気圧が低くても風速が 30 m/s 程度で弱く「並み」の台風があり、気圧はそれほど低くはないが、大型の台風もある。

コラム表 1 強さの区分

階 級	最大風速(m/s)
(表現無し)	33 未満
強い	33～44 未満
非常に強い	44～54 未満
猛烈な	54 以上

コラム表 2 大きさの区分

階 級	半径(km) 風速 15m/s 以上
(表現無し)	500 未満
大型	500～800 未満
超大型	800 以上

台風の名称

個々の台風の名称は、米国による占領期間は米国式に女性の名前が付けられていた（カスリーン台風やジェーン台風など）。2000 年から国際名として、アジア諸国から出されて登録された名前が発生順につけられている。わが国では、この名称とは別に、その年の発生順に番号が付けられている。

国内で顕著な被害のあった場合に、気象庁によって固有の名称がつけられている。命名の基準は、顕著な被害（損壊家屋等 1,000 棟程度以上または浸水家屋 10,000 棟程度以上の家屋被害、相当の人的被害など）が発生し、かつ後世への伝承の観点から特に名称を定める必要があると認められる場合で、その名称は、原則として「元号年＋顕著な被害が起きた地域・河川名＋台風」としている。

1954 年以降に命名された台風は、洞爺丸台風（1954 年）、狩野川台風（1958）、宮古島台風（1959 年）、伊勢湾台風（1959 年）、第 2 室戸台風（1961 年）、第 2 宮古島台風（1966 年）、第 3 宮古島台風（1968 年）、沖永良部台風（1977 年）、令和元年房総半島台風（2019 年）、令和元年東日本台風（2019 年）の 10 台風である。沖永良部台風までは、被災後直ぐに命名されてきたが、令和元年の台風 15 号と 19 号の命名は翌春であったことから、番号で呼ばれることが多い。

「宮古島台風」と命名された 3 台風と沖永良部台風は、九州以北の居住者にとっては災害としては小さくて意外な感じがするが、島の家屋の半数から 7 割以上が損壊していることから命名されている。これらの台風が九州以北にまともに上陸していれば、甚大な被害が生じていても不思議ではないと思われる。1959 年宮古島台風は、全国の死者 98 名を数える大きい被害を残した。伊勢湾台風もこの年である。

他に、リンゴ農家が 700 億円以上の壊滅的な被害を受けた 1991 年台風 19 号（佐世保上陸時 940 hPa、青森市での瞬間最大風速 53.9 m/s）は、死者 62 名に及ぶ大きな災害をもたらしているが、気象庁による命名はないものの青森県などでは「りんご台風」と呼ばれている。

2.5 その他の気象災害

前記までの台風、豪雨・大雨、豪雪・大雪等に含めなかった事象で、被害の大きかった事象が何件かある。発達した温帯性低気圧による災害は、ある例では、風と雨の両方による点で台風災害に似ているが、風が台風ほど強くないこと、前線に伴う豪雨のように長期間に及ばないなどの違いがある。その他に、雹、竜巻、早魃、冷害、落雷の他に、「地すべり」、「視程不良」といった事象まであり、命名されていない豪雨、豪雪でも被害が大きかった例もある。台風と命名された豪雨・豪雪以外による主だった災害(昭和 57 年以降の 40 年間)を表 3-8 に挙げた。酷暑では、事象発生日月日について、〇月〇日～〇日ではなく、〇月～〇月のように、数か月をまとめた記述となっているが、延べ人数で見たときに、ことのほか死者の多いことに気づく。このことは、近年、熱中症がよく警告されるようになり、理科年表にも反映されたためと思われる。数十年前は必ずしも十分に反映されてなく(古くには「酷暑」の記載はない)、時代とともに変わる記載もあり、よく注意してみる必要がある。

表 2-8 台風、豪雨、豪雪以外の主な気象災害

年月日	事象	地域	死者・不明者(人)、他
S57.4.24-28	山林火災	東北	死者 1、消失林 8,685ha
S60.7.26	地すべり	長野市	死・不 26、住家 69 棟
S62.8.4-7	雷雨	中国・四国～東北	落雷死 6、浸水 1,725ha
H3.2.13-19	2つ玉低気圧	近畿～北海道	死・不 26、船舶 316 隻
H4.5.20-30	雹、雷、竜巻	九州～東北南部	死者 9、住家 108 棟
H5.3.23-25	強風(低気圧)	徳島	死・不 29
H6.4~10 月	干害、酷暑	全国	死者 14、農林水 1,273ha
H7.7~9 月	干害、酷暑	沖縄～関東	死者 8、農林水 28ha
H8.12.6	土石流	長野	死者 14、住家 2 棟
H17.7.22	視程不良	千葉	死・不 9、船舶 2 隻
H18.10.4-9	大雨、強風、波浪	四国～北海道	死・不 50、船舶 1,038 隻
H18.11.7-8	竜巻、強風、波浪	四国～北海道	死・不 9(竜巻死者最大)
H19.6~9 月	酷暑	全国	死・不 66、
H22.6~9 月	酷暑、大雨	全国	死・不 271、農林水 495ha
H22.7.1~6	大雨、強風、落雷	全国	死・不 5、浸水 1,186 棟

(注) 死は死者を、不は不明者を表し、人数である。

2.6 気象災害のまとめ

気象災害では、台風による災害が他による災害よりも断然大きいことであり、それゆえに台風への備えが重要であることは言を俟たない。しかし、あまり経験しない事象による災害が大きな被害をもたらしていることがあり、これらも決して軽んじてはならない。

なお、これらの事象に伴って発生した、大規模な都市火災、山林火災などがあるが、これらは自然現象に起因する人為災害であることが大きく、著者は「複合災害」に分類しており、ここでは触れない。

3. 地象災害

3.1 地震

日本列島の周辺を含めたわが国の主な地震被害が、理科年表に載録されており、684 年から

2018 年までのおよそ 1300 年間で、その件数は 436 (2019 年 9 月) に及ぶ。その中で主な地震として、

- ① マグニチュード 7.0 以上、または名称の付いた地震：64 件、
- ② マグニチュード 8.0 以上の地震：24 件、
- ③ 死者・行方不明者の合計 1000 人以上の地震：40 件
- ④ マグニチュード 8.0 以上で、死者・不明者数が 1000 人以上の地震：12 件

があり、この中の④の 12 件の地震を表 3-1 に挙げた。1891 年 (明治 24 年) の濃尾地震が、根尾谷断層によって引き起こされた内陸を震源とする地震であった以外の 11 件は、全て三陸沖 (日本海溝) と南海、相模両トラフに関連する地震で、これらの海溝型地震はマグニチュードが大きく、また災害も甚大であったことがわかる。

表 3-1 マグニチュード (M) 8.0 以上で死者行方不明者 1000 人以上の地震

年月日	名称	(M)	被害	被害地域	震源
869.7.13	貞観三陸地震	8.3	溺死 1,000	三陸沿岸	三陸沖
1498.9.20	(明応津波)	8.2~8.4	死者 4.1 万	東海道・南海	南海トラフ
1611.12.2	慶長三陸沖地震	8.1	死者数千	東北・北海道	三陸沖
1703.12.31	元禄地震	7.9~8.2	死者数千、甚大	関東	相模トラフ
1707.10.28	宝永地震 (最大級)	8.6	死者 2 万以上	五畿・七道	南海トラフ
1854.12.23	安政東海地震	8.4	死者 2~3,000	東海~南海	南海トラフ
1854.12.24	安政南海地震	8.4	死者数千	東海~中国	南海トラフ
1891.10.28	濃尾地震	8.0	死者 7,273	岐阜県西部	根尾断層
1896.6.15	明治三陸沖地震	8.2	津波死者 21,959	北海道・東北	三陸沖
1933.3.3	昭和三陸沖地震	8.1	津波死者 3,064	三陸	三陸沖
1946.12.21	昭和南海地震	8.0	死者 1,330	紀伊半島	南海トラフ
2011.3.11	東北地方三陸沖地震 (東日本大震災)	9.0	死者・不明者 22,252	東北・関東	三陸沖

表 3-1 に入らなかった地震で、多数の死者数が出たのは、歴史的には、1293 年鎌倉地方を襲った地震 (2.3 万人 M:7.0)、1596 年畿内を襲い伏見城を大破した地震 (1100 人 M:7.5)、1605 年太平洋沿岸の津波被害が大きかった慶長地震 (2000 人以上 M:7.9)、1662 年近畿・東海を襲った地震 (1000 人 M:7.2~7.6)、1666 年越後西部を襲った地震 (1500 人 M:6.8)、1751 年越後・越中を襲った地震 (1500 人 M:7.0~7.4)、1766 年津軽地方を襲った地震 (1300 人 M:7.3)、1792 年雲仙岳の噴火に伴い発生した地震 (15000 人以上 M:6.4)、1847 年善光寺地震 (1300 人 M:7.3)、1855 年江戸地震 (10000 人 M:7.0~7.1) など 11 件がある。この中で、1605 年慶長地震と 1662 年近畿・東海の地震の 2 件は、南海トラフに関連すると思われるが、それ以外は内陸もしくは日本海を震源とする地震である。

明治以降については、表 3-2 に示した 7 件がある。表中、1944 年東南海地震 (昭和 19 年：マグニチュード 7.9) は、熊野灘沿岸で 6~8m の津波が来ており、紀伊半島東岸で地盤沈下 (30~40cm) があったことから南海トラフを震源とする地震と思われる。この地震と関東地震 (大正 12 年：関東大震災) 以外は、マグニチュードが 6.8~7.3 と規模はやや小さい内陸型の地震であったことがわかる。これらの地震被害地域はそれほど広くはなく、震源が人口の密集する都会に近いことから都市域の震度が大きく、災害も大きくなっている。

なお、関東大震災は首都東京を直撃した地震で、正午直前に起きたために火災が発生して大勢が犠牲になり、また風評に対して治安維持が行われたほか、後年、この日が防災の日になるなど、今に至る記憶に残る地震である。

表 3-2 明治以降、マグニチュード 7.9 以下で被害の大きい地震 (7 件)

年月日	地震名称	M	死者数、その他	被害地域	震 源
1923.9.1	関東地震 (関東大震災)	7.9	105,385 大火災	関東	神奈川県西部 (相模トラフ)
1927.3.7	北丹後地震	7.3	2,925	京都府北部	郷村断層
1943.9.10	鳥取地震	7.2	1,083	鳥取県東部	鹿野・吉岡断層
1944.12.7	東南海地震	7.9	1,223 津波	紀伊半島	南海トラフ
1945.1.13	三河地震	6.8	2,306	三河湾沿岸	深溝断層
1948.6.28	福井地震	7.1	3,769	福井県嶺北	福井平野東淵断層
1995.1.17	兵庫県南部地震 (阪神淡路大震災)	7.3	6,437 火災	阪神、淡路	六甲淡路島断層帯

3.2 地震津波

津波は海洋の地震(海底地震)によって発生するのであって、津波は単独には発生しない。日本近海、特に太平洋側で発生する巨大地震では、多くの場合に津波をともなっている。災害で見れば、地震振動による被害と同等か、それ以上であることは表 3-1 でも推測され、東日本大震災もその例を免れない。

1993 年 7 月 12 日夜間に発生した北海道南西沖地震(M7.8)は、奥尻島北方の海底が震源であり、日本海側で起きた地震では、近代最大級であった。奥尻島の推定震度は 6 であったが、初松前地区の津波は 16.8m を記録している。死者 202 人、行方不明者 28 人のほとんどが津波による犠牲者である。

遠方の地震により、津波だけの被害も記録されているケースがあり、それを表 3-3 に示した。記録は近年しかないが、日本からは遠く、地球の反対側にあるチリ沖で発生した地震による大津波が 3 件ある。中でも「チリ地震津波」と命名された 1960 年の津波は、被害は、特に三陸地方で大きい、北海道から志摩半島、沖縄地方までに及び、全国での死者・行方不明者は 142 人である。

表 3-3 遠方の地震による津波被害

年月日	地 域	被害状況	地震発生場所
1730.7.9	陸前	沿岸で田畑棄損	チリ、バルパライソ沖
1877.5.10	太平洋沿岸	釜石で 3m、死者あり	チリ、イキア沖
1952.11.5	太平洋沿岸	波高 1~3m、浸水、	カムチャツカ半島沖
1960.5.23	全国 チリ地震津波	死・不 142、津波 5~6m 全壊家屋 1500	チリ沖、M :9.5

3.3 火山

日本列島は、地質的には非火山性地殻もあるが、多くは噴出岩、深成岩などの火成岩地質で形成されている。地球規模で見ると、日本列島は環太平洋火山地帯にあり、列島は東日本火山帯(北海道、東日本、伊豆・小笠原諸島)と西日本火山帯(中国西部、九州、南西諸島)に分けられる。両火山帯で、過去 1 万年以内に噴火した形跡のある地形は活火山に分類され、北方領土の火山と海底火山も含めて全国で 111 の活火山がある。ただし、火山の寿命は、数十万年と長いのが多くあり、何万年も活動がなく突然噴火活動を始めたケースも稀ではないので、火山地域は、活火山でなくても安心はできない。

活火山には、常時観測火山が 46 ある。ランク別で見ると、ランク A に属するのは 13、ランク B に属するのは 36、ランク C に属するのは 45 であり、北方領土の 11、海底火山の 6 はランク付けされていない。ランク A の火山は全て常時観測体制にあるが、ランク B 火山で常時観測されていない(例えば、十和田湖)のがあれば、ランク C 火山で常時観測されている(例えば、乗鞍山)のものもある。ランクは気象庁による活動度で、常時観測は被害の大きさに準拠している。

表 3-4 ランク A の 13 活火山

所在地	火山名 (標高m)	噴火記録 (最新年順)	死者数、特記
北海道	十勝岳 (2077)	2004, 1988, 1985, 1962, …	1926:死者 144 他
	樽前山 (1041)	1981, 1978, 1953, 1951, …	1804:死者多数
	有珠山 (733)	2000, 1977, 1944, 1910, …	1910:昭和 ^{新山}
	北海道駒ヶ岳 (1131)	2000, 1998, 1996, 1942, …	1640:噴火津波 700
関東	浅間山 (2568)	2015, 2009, 2004, 1990, …	1783:鬼押出し 1151
伊豆	伊豆大島 (758)	1990, 1987, 1974, 1962, …	1986:全島民非難
	三宅島 (775)	2013, 2010, 2008, 2000, …	2000:全島民非難
	伊豆鳥島 (394)	2002, 1998, 1939, 1902, …	1902:全島民死 125
九州	阿蘇山 (1592)	2019, 2016, 2014, 2011, …	1958:死者 12、他
	雲仙岳 (1483)	1990~96, 1792, 1663, …	1996:死・不 44
	桜島 (1117)	2019, 2015, 2006, 1974, …	1914:半島と繋がる
	薩摩硫黄島 (704)	2013, 2004, 1999, 1935, …	7300 年前:誕生
	諏訪之瀬島 (796)	2019, 1999, 1997, 1954, …	1813:全島民退避

表 3-4 には、大きい災害を残した活火山であるランク A の火山を挙げた。ランク B で常時観測体制にある火山は、北海道の雌阿寒岳、恵山、東北の岩木山、岩手山、秋田焼山、秋田駒ヶ岳、鳥海山、栗駒山、蔵王山、安達太良山、吾妻山、磐梯山、関東・中部の那須岳、草津白根山、新潟焼山、焼岳、御岳山、富士山、箱根山、伊豆・小笠原の伊豆東部火山群、新島、神津島、硫黄島、九州の鶴見岳・伽藍岳、九重山、霧島山、口永良部島等 27 を数える。富士山をはじめ観光地にあって名の知れた火山が多くあり、また近年の噴火で知られた御岳山、霧島山、口永良部島などの火山がある。

福徳岡の場合は海底火山のためにランク付されていないが、近年稀にみる噴火とされ、大量の軽石が日本近海に押し寄せて、被害が懸念された。1952 年には、伊豆諸島の海底火山である明神礁（ベヨネーズ列岩はその一部）が噴火して、観測船海洋丸が直撃を受けて遭難し、全乗組員 31 名が殉職している。

ランク A の災害の大きい火山は、北海道と伊豆諸島、九州に多く、本州では浅間山のみである。ランク B で常時観測体制にある火山が東日本に多く分布しているのは、生活環境に近い火山が多いからであろう。

3.4 巨大噴火

火山の中でも大型のカルデラを形成する巨大噴火は、日本列島全体では 1~2 万年に 1 度ぐらい発生している。一旦起これば破局的な破壊であり、例えば、冬季に九州で起きれば、九州はもとより太平洋側の四国から関東まで壊滅の恐れがある。国外では、さらにこれよりもスケールの大きい巨大な噴火（超巨大噴火：米国のイエローストーン火山、インドネシアのトバ火山など）があり、地質学的歴史で見れば、わが国にもあったことがわかっている。

ここでは、わが国で大型カルデラを形成した巨大噴火を表 5 に挙げた。過去 10 万年程度の範囲では、8 つの大型カルデラが見られる。最も新しい巨大噴火は、7300 年前の鬼界カルデラで、薩摩硫黄島や竹島の外輪山を形成し、列島各地に見られる火山灰の「アカホヤ」により、アカホヤ噴火と呼ばれる。

さらに、50 万年程まで遡ると鹿児島湾口（阿多南部カルデラ）、宮崎県の鹿児島県寄り（加久藤カルデラ、小林カルデラ）、栃木県那須（塩原カルデラ）、青森県（八甲田カルデラ）等があり、これらは明瞭な火山地形を示しており、かつ現在も噴気や温泉等の火山活動が見られ、注視を怠ってはならない。

表 3-5 日本列島で約 11 万年以内にできた大型のカルデラ

カルデラ名 (所在県)	形成年代 (万年前)	大きさ (km)	噴出量 (km ³)	備 考 代表的な山・湖、温泉等
鬼界 (鹿児島)	0.73	25×15	170	鬼界ヶ島、(アカホヤ層)
阿多北部 (鹿児島)	11	18×12	250	鹿児島湾、(阿多火砕流)
始良 (鹿児島)	2.6~2.9	24×20	450	桜島、古里温泉
阿蘇(#4) (熊本)	8.5~9, 27	25×18	600	阿蘇山、内牧温泉
十和田 (青森・秋田)	1.5, 3.2	9×9	56, 46	十和田湖、十和田温泉郷
洞爺 (北海道)	11	10×10	200	有珠山、洞爺湖温泉
支笏 (北海道)	4	12×12	300	樽前岳、支笏湖温泉
屈斜路 (北海道)	3.5, 34	26×20	100	屈斜路湖、川湯温泉

(注) 8 カルデラの内、鬼界、始良、阿蘇、洞爺、支笏の 5 カルデラは活火山である。

3.5 テフラ

テフラは、火山灰、火山岩、火山礫などを総称する火山砕屑物（火砕物）で、前項で述べているように、災害に大きく関わる。

通常、しばしば見られる火山噴火では、噴煙と共に火山泥流や溶岩流が出る。激しい噴火では、ガスと火砕物が混交した火砕流となって、火山周辺域に大きな被害をもたらす。火砕流は、ガスが混交しているために火口や溶岩頂が崩れたときに、時速 100 km を超える速度で山頂から流れ下るために、避難する余地はなく、1991 年 6 月に 44 名の犠牲者を出した雲仙普賢岳で見るように、これまでに多数の死者を出した事象が多くある。噴煙は風に乗って遠方まで飛来し、降下火山灰として風下各地に被害を与える。巨大噴火では、降下火山灰が日本列島全体に甚大な被害を及ぼし、その降下量も桁外れに大量である。

例えば、前述した鬼界カルデラの噴火は、海底であったから直撃を受けた地域はないと考えられるが、テフラの飛んだ範囲は、沖縄諸島、東シナ海東部、朝鮮半島南部、日本海南部、山形・宮城両県のこれらの地域で囲んだ本州、四国、九州に及ぶ。堆積した層の厚さは、熊本・大分両県と愛媛県西部で 50 cm 弱、阪神付近で 20 cm であり、関東では土壌化した層、尾瀬ヶ原で数 mm の層が確認されている。屋久島、種子島、大隅半島および薩摩半島では、火砕流が海上を渡ってきたことがわかっており、鹿児島県霧島市に栄えていた縄文時代の規模の大きい集落が噴火によって壊滅している（大野原遺跡）。これらの事象から、テフラによる災害が極めて甚大であることは容易に想像される。

始良カルデラ（2.9 万年前）のテフラは、東シナ海の東半分から朝鮮半島のほぼ全域から東、したがって日本列島全域で見られる。鹿児島市などでは、降下灰による 100m 厚にもなるシラス台地が見られる。また、阿蘇第 4 カルデラ（8.5~9 万年前）のテフラもほぼ同じ地域で見られており、熊本、大分、福岡の各県では火砕流による台地が発達している。日本列島では、始良、阿蘇の両カルデラの噴出量は他のカルデラよりもはるかに大量であり、これらに見舞われた地域では、植物相は完全に破壊され、動物は生存できない状態になったと思われる。

このような噴火は 1~2 万年に一度しか起こらないとしても、その威力は破壊的である。現在、もしこのような巨大噴火が起きて、都市域に降下火山灰が 10 cm も積る状況になれば、道路、鉄道、水道施設、ガス施設、発電所などに異常事態が発生し、特に電気・通信関係は少量の微細な灰燼で動作不能となり、都市機能がマヒすることは間違いない。高度に発達した現代社会に与える影響ははかり知れず、生活は破壊され、住むこともままならぬことはもとより、人間そのものの生存が危ぶまれる事態にもなりかねないであろう。

火山災害を見るうえで、死者 50 人以上、家屋・農地の大量損壊、住民避難等があった過去の大きな噴火を、一部は表 3-4 に記載（ゴチ）しているが、表 3-6 にまとめた。

火山による死因は、火砕流、火山泥流、岩屑なだれ、津波、飢餓等である。1902 年に伊豆鳥島では、死者は少ないが、島民全員が死亡しており、2014 年の御嶽山（犠牲者 63 名）と同じよ

うに噴火の直撃を受けたものと思われる。島嶼の伊豆大島、三宅島、青ヶ島、口永良部島、諏訪之瀬島、硫黄島等では、直撃を免れて全員島外に避難や移住しており、一時的ないしは現在も無人島（伊豆鳥島や硫黄島）となっている。これらの島嶼以外では、地震に比べて噴火から避難までの時間に多少の余裕があるので、人的被害は少なく見られる。

近年では、1990~1996年に活動のあった雲仙岳では、普賢岳で発生した火砕流で死者と行方不明者合わせて44名が犠牲になっている。

また、噴火により津波が発生することがしばしばあり、1792年の雲仙岳（寛政噴火）で発生した津波は、「島原大變肥後迷惑」と言い伝えられ、死者は15,000人弱も数え、地震による津波と同様に大きい被害が出ている。

広域に落下する降下火山灰は、前記したように生活環境に甚大な影響を与える他に、呼吸器疾患などで死亡があると考えられる。

表 3-6 死者 50 人以上など大きい災害残した火山（1400 年以降）

火山名、ランク	噴火年	死者・不明者	記 事
十勝岳 A	1925~1926	144	2 村落埋没
有珠山 A	1822	50~103	1 村全滅、その他
北海道駒ヶ岳 A	1640	700	噴火津波による溺死者
渡島大島 B	1741	1,461	噴火津波による溺死者
安達太良山 B	1900	72	鉦山施設・山林：破壊
磐梯山 B	1888	461~477	諸村落埋没、裏磐梯 5 湖
那須岳 B	1408~1410	180	
御嶽山 B	2014	63	
富士山 B	1707		宝永噴火、噴出量 7 億 m ³
伊豆大島 A	1986	全住民島外避難	
三宅島 A	1643, 1774 2000	1 村落全滅 全住民島外避難	
青ヶ島 C	1780~1785	130~140	残存島民八丈へ避難
ベヨネーズ列岩 一	1952	31	観測船第 5 海洋丸遭難
伊豆鳥島 A	1902	125	全島民死亡、以後無人
阿蘇山 A	多年		耕地荒廃など被害多数
雲仙岳 A	1792 1990~1996	14,792 44	寛政噴火、噴火津波 家屋、山林・耕地破壊
霧島山 B	多年		神社・家屋損失、他
桜島 A	1779 1914	153 58	安永噴火、噴火津波など 大正噴火、落埋没焼失、等
口永良部島 B	2015	全島民島外避難	
諏訪之瀬島 A	1813	島民島外避難	以後、70 年間無人
硫黄島 B	1959	全島民移住	以後、無人島

3.6 地象災害のまとめ

地震と火山噴火は、台風や豪雨・豪雪と違って、その発生予測は極めて難しく、一旦発生すれば、いわゆる直撃を受ける形となる。地震や噴火に伴う津波には、若干の時間遅れがあるので、多少は余裕をもって対応できると思われるが、残念ながら、これまでの例ではその被害は大変大きく、このことは肝に銘じておくべきである。テフラによる災害は広域に及び、予測しがたい面があるが、電子部品など繊細・微細な器具・装置の多い現代生活では、多大な影響を受けることは間違いない。

南海トラフによる南海・東南海地震 (M:8~9) が、今後 30 年以内に発生する確率が高いとして、関西・中京地区の甚大な被害が予測されている。富士山は、1707 年の宝永噴火から 300 年

経っており、近年、噴火が強く懸念されているが、宝永噴火クラスであれば、首都圏の被害は免れ得ない。その被害は、単に人口 3800 万人余の首都圏だけでなく、我が国全体に及ぼす影響は計り知れない規模となる可能性がある。

災害列島に生存する我々は、突発的な地象事象が発生しても、過剰な心配をしたり、デマに右往左往するのではなく、冷静な判断と行動ができるように、日常から意識して生活することが肝要である。

4. おわりに

わが国に災害を起こす台風、豪雨・豪雪、地震・津波、火山噴火について、過去から現在までの大きな災害を取り上げ、特に科学的記録がなされるようになった近代の災害に関してはより詳細に列挙した。台風に関して、災害の目安となる中心気圧や風速などについても言及した。台風、豪雨および豪雪については、災害の指標として単に死者数だけでなく、住家、浸水、耕地、船舶等の被害を勘案した総合指数を提案し、それによる災害の大きさを比較した。

災害の最も大きかったのは、台風では 1959 年の「伊勢湾台風」、豪雨では 1953 年の九州地方の豪雨（名称なし）、豪雪では 1963 年の「昭和 38 年豪雪」、地震では 1923 年の「関東大震災」、遠地地震による津波では 1960 年の「チリ地震津波」、火山噴火では 1792 年の雲仙岳の「寛永噴火」である。これに次ぐ災害にも注目していくと、近年、改修、情報、さらに意識が随分と進展して災害が減少してきているにもかかわらず、この数年来、気象災害が増加し、被害も大きくなっている原因を、現今の人間活動による異常気象にあるとみる見方がある。しかし、異常気象を言うならば、むしろ近年よりも 1945～1965 年（昭和 20～30 年代）が多かったと言えるであろう。

大局的見地からすれば、広範囲で多数の死者や障害、被害が出た事象に目が向きがちで、それはまた当然であろう。特に、災害に直接対応する行政府あるいは報道では、その傾向は免れない。しかし、個人にとってみれば、大きな災害であろうが、あるいは局所的な小さな災害であろうが、「死」んだり、住居に大きな損壊があれば、被災・被害に変わりはない。単に、広域で規模の大きい災害を見るだけでなく、このような視点も忘れずにおきたいものである。

参考文献

1. 国立天文台編：理科年表 2020、気象部、丸善出版、2019.
2. 気象庁ホームページ <https://www.jma.go.jp>
3. 小倉義光：一般気象学（第 2 版）、東京大学出版会、1999.
4. 岡田義光：日本の地震地図、東京書籍、2019.
5. 磯田道史：天災から日本史を読みなおす、中央公論新社、2018.
6. NHK スペシャル：激動の日本列島の誕生、宝島社、2017.
7. 高橋正樹：日本の火山図鑑、誠文堂新光社、2016.
8. 守屋以智雄：日本の火山地形、東京大学出版会、1983.
9. 町田 洋：火山灰は語る、蒼樹書房、1977.
10. Wikipedia