

自然災害科学研究の諸問題

石原安雄*

1. まえがき

一口に災害といっても、天変地異に基づく自然災害、生産活動に伴う産業災害、社会活動の不均衡による公害、さらには交通災害、病災害、戦争災害など、その種類は多種多様である¹⁾。しかしこれらの災害は、発生の要因、災害の状況、防止軽減対策の方式などが異なり、単に言葉のうえで災害がついているからといって、同じ観点から論ずることができないと考えられる。本文は、いわゆる災害科学総合研究班が主として対象としている自然災害に関して、その内容、現況、問題点などを、研究班の一員としての見解を加えながら説明したものである。したがって、ここに記載した内容は、同研究班が出版した多くの出版物を参考としたが、特に昭和43年7月の「災害科学の研究成果とその問題点」の中から引用したものが多い。

さて、台風や地震などの天変地異に基づく災害は、古来人類に莫大の損害を与えてきたが、特にわが国は世界有数の災害国といわれており、われわれは毎年甚大な被害を被っている。したがって、従来から災害問題の研究に対して不断の努力が払われてきたが、その内容は、地理学、地質学、地球物理学などの理学的分野、土木工学、建築学、農学などの応用科学的分野など、非常に広い分野にまたがっている。さらに、従来はややもすところした分野ごとに別々にそれぞれの専門的立場から各個に研究が進められていた傾向が強かった。しかし、災害現象はこのような個別的研究では究明できないし、また対策としての防災工学も広い学問分野の協力によって遂行される必要があることが次第に認識されるようになったのである。こうした見地から、昭和26年京都大学に防災研究所が設置されたのであるが、その後全国の国公私立の大学に常住し、この分野に関心をもつ研究者間でも新しい学問分野として災害科学の確立が論じられる

* 正会員 工博 京都大学教授 防災研究所

ようになった。昭和35年に至り、当時福井大学長をされておられた長谷川万吉先生が中心となられ、「災害科学」という一つの学問分野をつくって、理・工・農学の研究者が協力して災害と防災に関する科学研究を推進することを目的として、災害科学総合研究班が組織されたのである。

一方、研究費の面においても、昭和35年度から「災害科学」という課題が文部省科学研究費の中で特進分野として、また昭和38年度からは特定研究として取り上げられ、年平均8000~9000万円が支出されて、この分野の研究と研究班の活動がなされ、今日に至っている。

2. 自然災害の特質

自然災害科学の諸問題を探るにあたり、天変地異に基づく災害現象がどのようにして発生し、またどのような特質をもっているかを明らかにしておく必要がある。以下その概要を説明するが、この問題に関してはいろいろな見方があり、その全部を述べるわけにはいかない。ここでは、一つの学問分野として、災害科学を考える際に関係すると思われる主要な事項についてのみ論述する。

(1) 自然災害の発生とその要因

自然災害は自然現象が原動力となって、加害素因としての自然力と、被害素因としての被災側における自然のおよび社会的条件とがアンバランスに相接触したところに、両者が相絡み合って発生するといわれるが、その内容をもう少し分析してみよう。

天変地異に基づく自然力、たとえば台風や地震などの破壊力は、地質年代的な時間スケールでは別であるが、過去および将来とも変化はないものと考えてよいだろう。こうした自然の破壊力に対して、人類はいろいろな施策によって災害問題に対処してきた。もっとも、代表的な天変地異である豪雨と地震についていえば、前者に

対しては洪水はらんによって農耕地を肥沃させた古代は別として、住居地を守る輪中時代、農耕地をも守る築堤時代を経て、今日では流域全体を守る調節時代となっている。地震に対しては長い間天災として諦観の時代が続いたが、建築技術や地盤調査技術が進歩した今日、やっと耐震的構造物がつくれ、高層ビルが建設されるようになった。このように、いわゆる防災対策の変遷に加えて、時代時代における防災対策の重点のおき方、およびその時代の人間の欲望をみたすためにとられた人間活動、特に土地の利用形態の変化によって、災害の形態が時代とともに変化している²⁾。

このように、一口に自然災害といっても、そこに起こった天変地異の規模が同じであっても、それを受けとめる社会がもっている防災施設やそこに生活している人間の感情によって、災害の意義および形態が非常に変わってくるのである。しかしながら、自然災害の発生過程を分析してみると、豪雨、地震、地すべり、火山噴火、高潮、津波など幾多の自然力による災害現象に共通したものが存在するように思われる。

すなわち、自然災害の発生素因としては

- ① 天変地異といわれる自然現象の発生
- ② 自然力を制御・調節する場合の能力
- ③ 自然のもつ破壊力に対抗して、われわれを守るために築造された第1線の防護施設(防護機能)のもつ抵抗力、すなわち直接防護の抵抗力
- ④ 生活・生産の空間の内部が備えている物理的および人文社会的抵抗力、すなわち間接防護の抵抗力

をあげることができる³⁾。ただし、災害の種類によっては、②の素因を欠くもの(地震災害など)、②、③を欠くもの(火山噴火災害など)があることはいうまでもない。自然災害の発生は、天変地異といわれる自然の現象が発生し、それを制御・調節するためにわれわれがもっている能力(たとえば洪水調節)では制御しきれなくなり、さらに第一線の直接防護のもつ抵抗力を越える規模で迫ってくるときに、災害が起こる可能性があるわけである。ただし、直接防護の抵抗力を突破して現象が発生したときには必ず災害が発生するかどうかは、間接防護のあり方によって決定されることはいうまでもない。たとえば、低平地を農耕地としてだけ利用し住居などが存在しておらなければ、少なくとも人命の損失はなく、また、たとえ低平地に住居があっても、完全な退避が行なわれれば損害は僅少のはずである。

(2) 自然災害の地域性

以上述べたことは災害のもつ全般的共通性の面であるが、さらに、自然災害には被害素因のもつ特徴を著しく反映した地域的狀態が現われる。同じ大きさの地震が発

生しても、木造家屋からできている都市では、その倒壊と火災が重要であり、耐震建築物からできている都市では、室内の破壊や交通施設の被災などが重要となろう。豪雨時の出水についても、ゼロメートル地帯ではポンプ排水が、山間部では土砂流出や堤防決潰が災害状況を規定する要素となろう。

このような自然災害の地域性は、多分に社会の歴史を反映しているともいえるが、この地域性を無視しては真に災害を理解することはできない。すなわち、自然災害といえども、地域のもつ自然のおよび社会的条件を同時に考慮して初めて自然災害の実態を究明することができるのである。こうした見方は、case study ともいえるが、実際に災害地を調査してみると、たとえば洪水災害についていえば、河川改修工事が進んでいるところでは、破堤はらんないしは内水はらんによる浸水被害が主要な災害であり、改修工事があまり進んでいないところでは、山腹崩壊による土砂災害やはらん水による農地などの流失災害が主要なものになるというように、地域性を無視しては、災害科学の最も重要な課題の一つである災害の予測問題を解明することは不可能であることを痛感する。

3. 自然災害科学の学術的問題

自然災害科学が一つの学問分野として成立するかどうかという問題である。一般に自然災害は、異常な気象現象に基づくものと地殻の変動によるものに大別することができる。前者は気象要素が異常な状態になったとき、すなわち、大雨、大雪、大風などのときの災害であって、強風災害、河川災害、海岸・沿岸海洋災害、雪害などが含まれる。後者は地殻が異常に変化したとき、すなわち、地震、地すべり、火山噴火などのときの災害であって、地震災害、地すべり災害、火山噴火災害などが含まれる。

このような、台風、高潮、津波、豪雨、豪雪、地震、地すべり、火山噴火などは、従来の学問分野からいえば、地球物理学や地質学上の現象である。したがって、地球物理学や地質学の研究をすれば、災害現象が把握・解明されるかということ、決してそうではないのである。気象学、海洋学、河川学、地震学、地質学、自然地理学などは、災害科学を推進していくうえでの基礎知識を与えることは確かであるが、災害科学がただちに気象学であり、河川学であり、地震学であるとはいえないのである。

ここにおいて、災害科学とはどんな学問であるかという質問が生れる。残念ながら、今日のところ明確な定義を与えるまでに至っていない。しかしながら、自然災害

の発生機構およびその特質を考えるならば、少なくとも、自然災害科学で目標とすべき課題が何であるかを明らかにすることができる。以下、筆者が現在考えている災害科学の課題について述べよう。

(1) 自然的加害力の研究

これは天変地異そのもの、あるいはそれに随伴して起こる自然現象がもっている破壊力の研究である。まず第一に未知の現象の発見をあげることができる。これは、たとえば新潟地震の際問題となった砂層の流動化現象のように、災害を起こす自然現象としてまだ知られていない事象に関する研究である。未知であるので具体的な現象名をあげることができないが、将来起こるべき災害現象を予測し、災害を未然に防ぐうえからきわめて重要である。

次に、既知の天変地異であるが、その破壊力の大きさと内容、および上限に関する研究である。破壊力の大きさと内容については、たとえば、自然の強風の構造に未知などところがあるとすると、風速 40 m/sec といっても、実際の構造物にどれだけの力をおよぼすか不明となり、そこに災害が発生する危険性がある。したがって、天変地異のもつ破壊力とその内容を知ることが重要である。さらに、天変地異のもつ破壊力に上限が存在するかどうかという問題である。われわれは、経験上台風の中心示度は 870 mb が最も低いものであり、岩石のひずみエネルギーの蓄積の上限として地震のマグニチュードが 8.6 以上にはならないことを知っている。しかし、台風の中心示度が 870 mb 以下にはならないという科学的保証はなく、またマグニチュード 8.6 の地震が 2 ヲ所同時には発生しないという理論的根拠もっていない。もしも、このような自然の破壊力の上限が科学的合理性をもって明確にされるならば、災害の防止・軽減上どれだけ役立つかというまでもない。

(2) 自然加害力の制御・調節の研究

台風制御や洪水調節などの研究である。天変地異のもつ巨大なエネルギーを制御・調節することであり、これが可能となれば、おそらく災害の発生は皆無となろう。現在、こうした分野で最も大規模に行なわれ、また効果をあげているものに洪水調節がある。その代表的なものが貯水池による洪水調節であって、その効果は周知のとおりである。砂防工や地すべり防止工なども現象の発生を制御・調節するものといえよう。

(3) 直接防護の抵抗力の研究

河川堤防、海岸堤防、構造物のもつ耐震性などである。このような直接防護施設はすべて構造物であるの

で、防災機能上に限界がある。すなわち、抵抗力に上限があるわけで、その限界以下の外力（自然の破壊力）に対しては 100% 防災的であるが、それ以上の外力に対してはほとんど無力であるばかりでなく、ときとしてそれがなるときより災害を増大させることさえある。したがって、直接防護施設のもつ抵抗力の限界を正確に把握し、さらにその施設が破壊されたときの状況を詳しく説明することがきわめて重要である。

(4) 間接防護の抵抗力の研究

間接防護は、防災というより減災的機能をもつ。天変地異が予知されたときにあらかじめ安全な場所へ避難するとか、洪水のはらん源には社会的に重要なものを置かないとか、これらの方策を行なうことによって災害をできるだけ減少させるという意味における抵抗力である。これは、災害状況の予測と減災策の研究であって、いわゆる Hazard report をつくるといった種類の研究である。

(5) 安全性の研究

これは防災計画、構造物の安全性に関連する研究である。第一のものは、天変地異がもつ破壊力が直接防護がもつ抵抗力を上回る規模で起こる頻度という観点からの直接防護の安全性であって、いわゆる防災基準の問題に帰着する。たとえば、年確率で 1/100 の規模の出水を対象とするとか、水平加速度 0.3g の地震加速度を対象とするとか、といった問題であって、こうした基準をどのようにして定めるかという研究である。第二の安全性は、いわば減災基準ともいべき問題に帰着させるかという問題であって、直接防護を突破した加害力に対して、社会が受ける損害をどれだけにとどめるかという研究である。この研究は前述の Hazard report と密接な関係がある。第三は、直接防護施設の設計外力に対する構造物としての安全性であって、通常の構造物の設計における安全率である。これは普通の工学上の問題であるが、ただその構造物の破壊によって災害が誘発・拡大しないようにしなければならないので、こうした意味での安全性の研究が特に望まれるわけである。

(6) 予知・予測の研究

一般に、予知・予測の問題には 2 つの分野がある。その一つは長期予測であり、他は短期予知である。長期予測は、防災基準や減災基準の設定に一つの基本的な情報を提供するものであって、その内容は、確率的予測、最大可能規模の予知、ときとしては長期間を対象とした天変地異の出現の予知などである。短期予知は、地震予知、異常気象の予知、津波・高潮の予知、洪水の予知な

ど、退避・避難、救援・救助、防災上の一時的補強など、実際の災害時における諸活動を行なうために必要な基本的情報を与えるものである。短期予知は、現象出現の時期、場所、規模の3要素を、かなりの余裕時間をもって正確に予知しなければならない。不正確な予知は社会活動を停止させ、社会的混乱を起こさせて、それによる損害が莫大となることも考えられるので、十分に科学的合理性が要求される。

(7) 地域性の研究

以上は、かなり抽象的な表現によって災害科学上の重要研究課題を記したが、それぞれの問題を別々に研究すれば十分であるというものではない。実際の災害現象は、上述の問題が互いに絡み合って発生する。たとえば河川堤防の破堤問題をとってみても、豪雨予知、出水予知によって出水の破壊力を知り、さらに堤防のもつ抵抗力との比較によって、どの地点で、いつ、どのような規模で破堤はらんをするかを予測することができ、それに対して広義の水防活動の万全を期することができるのである。このように、自然の災害事象は、従来の専門分野における研究と、それらの間に存在する境界領域の研究とが総合されて初めて正しく把握・解明されるものである。さらに、災害の地域性を考慮すると、こうした総合研究は、いわば土地に密着した研究によってのみ達成される。こうした意味において、自然災害の地域性の研究が重要である。

4. 自然災害科学研究の特殊性⁴⁾

自然災害現象は複雑多岐にわたっており、また研究面においても、従来の学問分野のかなり広い分野に関連している。しかし、その研究目標を整理してみると、前節のようであり、対象とする災害事象が多いにもかかわらず、かなりすっきりしているように思われる。ここに災害科学が一つの学問分野として成立する意義を見いだすものであるが、実際に研究を行なっていくうえではいろいろと問題がある。

(1) 総合研究の重要性

従来の学問分野からすると、理・工・農学などが関係しており、また災害別では、異常気象、強風、河川、海岸・沿岸、火山噴火、地すべり・山くずれなど非常に多い。さらに、研究者には、従来の習慣上、たとえば、河川災害を土木工学的にみるもの、林学的にみるもの、農業工学的にみるもの、河川学的にみるもの、自然地理的にみるものなど、多種多様である。しかし、河川災害がそこにあるだけで、工学的河川、農学的河川、理学的河

川があるわけではない。また、北海道の河川災害と九州の河川災害とでは、被害要因はもちろんのこと加害要因にも相違がみられ、いわゆる地域性がある。

したがって、自然災害科学の研究は、関係の各専門分野別に研究を遂行するいわば縦の線と、いくつかの関連する専門分野にわたり、各専門分野間のいわゆる境界領域を包含して、それぞれの地域性をもつ災害事象を究明するいわば横の線とが、両々相まって総合されたものでなければならない。

(2) 観測研究の重要性

自然災害は、随時に、随処に、地域的特色をもって発生する。したがって、自然災害科学の研究を行なうには、こうした災害事象の観測研究がきわめて重要である。さらに、災害現象を究明するためには、災害発生以前の事象、特に地域の自然的環境と、災害以後の事象との変化を調べることも肝要である。このためには、いろいろな専門分野をもち、広く全国各地に分散常住している多くの研究者が、常に連絡をとりながら、それぞれの地域において常時調査測定および観測を続行し、常に十分な研究活動を続けていくことが必要である。このようにしてはじめて、総合科学としての災害科学の研究が推進されるはずである。

5. 自然災害科学の研究体制⁴⁾

はじめに記した災害科学総合研究班では、昭和36年以来、全国的研究組織の確立と長期研究計画の樹立について討議し、昭和41年2月に「災害科学長期研究計画」を発表した。さらに、昭和42年1月に「自然災害科学研究体制（第一次計画）」を作成して、自然災害科学の研究体制計画の構想を示した。

日本学術会議においても、自然災害科学研究の重要性を認め、研究班で作成した研究体制の構想に基づいて、昭和42年11月の総会において、政府に対し「自然災害科学研究の拡充強化について」の勧告を行なった。災害科学総合研究班では、この勧告の重要性にかんがみ、研究体制推進委員会を設けて、日本学術会議の災害科学研究体制整備促進小委員会と緊密な連繫をとりつつ、大学関係における自然災害科学研究体制の具体的計画について考究が進められている。以下に記す事項は、日本学術会議が行なった勧告および具体的計画から抜粋したものである。

(1) 日本学術会議政府勧告の要点

「自然災害科学研究の拡充強化について」の要点は次のようである。

① 全国の大学に常住する研究者の強力な総合研究と災害資料の活用・解析研究をはかるために、地区別に協同研究の中心となる災害科学資料センターを設置する。

② 地区資料センターが本来の機能を十分に発揮できるよう適当な研究所にこれを併置する。併置すべき適当な研究所のない地区には特別研究施設（または研究所）を設置し、これに資料センターを併置する。

③ 研究の推進と研究者養成のため、若干の大学に部門および講座を増設し、その拡充強化をはかる。部門は適当な大学に新設するか、または既設研究所に増設し、新設の場合は地域的特色ある研究施設として付置する。

④ 研究を有機的に推進するため経常的な研究費について特別な考慮をほらう。

これは要するに、災害科学研究の特殊性にかんがみ、適当な大学に講座・部門を増設し、専門研究者を増員し、各種の研究施設および設備を補充し、現在の弱体を拡充強化するとともに、全国各地に分散する研究者が常時研究に従事し、全国的な研究計画のもとに、組織的な研究活動が期待できる研究体制の確立が必要であり、また、災害科学の研究は、国土建設上の諸方面に寄与する点がきわめて多い。よって、基礎的学術研究の立場から、自然災害を対象として、災害科学の研究体制を勧告したものである。

(2) 研究体制の確立と具体化の計画

この勧告の線に沿って、具体的な研究体制と研究活動を確立する基本条件は次のとおりである。

① 全国を、北海道・東北、関東、中部、関西、西部の6地区に大別して研究者グループを構成し、常に地区内各大学の研究者が容易に相接触し、情報交換と研究連絡をとりながら研究を計画的に推進する。

② 常時調査測定および観測を行なって、災害現象の研究だけでなく、災害以前の自然環境とその推移、災害以後の環境変化の状況を十分に把握するとともに、これらの資料に基づいて研究者グループにおいて情報の交換・討議を行なう。

③ 調査測定および観測の資料とともに、基礎的研究に必要な資料を収集し、地区資料センターに整備して、各研究者が自由に利用し、資料の解析研究を行なうようにする。

④ 全国的総合計画のもとに研究が遂行されることが肝要であるから、研究連絡会議を確立して全国的研究連絡を緊密にすることが重要である。すなわち“姿なき研究所”としての体制を確立する。

以上によって、自然災害科学の研究体制を確立するためには、全国的見地を立て、“研究体制の基本体系”と大学における“部門・講座の整備拡充”が早急に具体

化されなければならない。

(3) 研究体制の基本体系

a) 災害科学研究連絡会議

災害科学の“姿なき研究所”の議決機関がこの連絡会議であって、委員は各地区研究者グループの代表（地区資料センター長）および各専門分野の代表者などから構成される。この会議は、各地区相互間の連絡を緊密にし、研究面の融合協和、特に前述の研究面における縦の線と横の線の融合協和をはかり、組織的な研究計画の樹立、研究活動の促進、研究成果の総合、さらに研究実施計画の調整など、その他重要事項を審議する。これに関する事務は中央総合資料センターが行なう。

b) 災害科学地区資料センター

前記の6地区のそれぞれに地区資料センターを設置し、各地区研究者グループの災害科学研究の中心となる研究センターとして、また、基礎的学術研究に必要な資料を整備して、資料の活用と解析を行なう協同利用のための資料センターならびに資料解析センターとしての役割をはたす。したがって、中央総合資料センターに研究連絡会議があるのと同様に、地区内の研究討議、研究連絡、研究計画、突発災害時の調査計画などを審議するとともに、センターの運営に関する議決機関として、地区内から選出された委員によって運営委員会をおく。資料センターの設置場所は次のように予定されている。

中央総合資料センター：京都大学（防災研究所）
（関西地区資料センター）

北海道地区資料センター：北海道大学（低温科学研究
所）

東北地区資料センター：東北大学（新設）

関東地区資料センター：埼玉大学（新設）

中部地区資料センター：名古屋大学（新設）

西部地区資料センター：九州大学（応用力学研究所ま
たは生産技術研究所）

(4) 研究部門・講座の整備拡充

自然災害の研究を推進するためには、現在の部門・講座はあまりにも貧弱である。そのために、学術会議の勧告の参考資料の中に、増設を要する部門・講座数 59、観測所 12、それと前記の資料センター 6 が専門分野別に示されている。すなわち、異常気象、強風災害、寒冷・雪氷災害、河川災害、沿岸海象災害、地盤・地形災害、地震動災害、火山噴火に分けられている。これらの部門・講座は全国的見地から適切に配置されるよう計画されるはずである。

さらに、はじめにも述べたように、災害科学の研究は

文部省科学研究費の特定研究によって実施されている。この科学研究費補助は、今期は昭和 46 年度までとなっており、それ以後の経常的な研究費について特別な考慮がはられることが必要である。

6. おわりに

以上、自然災害科学に関する諸問題について、学術上の問題点と日本学術会議の政府勧告の線に沿った研究体制の具体的な計画について、筆者の見解を交えながら説明したつもりである。災害科学に関連して、地震予知計画と耐震工学についても日本学術会議から政府に勧告されており、その一部は現在実施されつつある。これらについては、筆者は詳しく知らないで、本文ではその内容を紹介できなかったが、将来はこれらも総合されて、真に学問分野の一つとしての災害科学が確立され、研究体制が確立されることを期待するものである。

自然災害科学は、従来の多くの学問分野の知識を必要とする総合科学である。わが国の自然災害は毎年繰り返され、莫大な被害を受けている。また、国土の隅々まで開発され、さらに再開発されようとしている現在、自然災害科学という基礎学問が飛躍的に進歩する必要がある。こうした意味においても、自然災害科学を研究するものの一人として、学術上の諸問題が解決されるよう、自然災害科学の研究体制が一刻も早く拡充整備されることを期待するものである。

参考文献

- 1) 防災ハンドブック, 技報堂, 昭 39.12, pp. 21-22
- 2) 西川 泰: 最近の災害発現機構の特性について, 第 6 回 災害科学総合シンポジウム, 講演論文集, 昭 44.10, pp. 153-154
- 3) 石原安雄: 災害モデルと防災, 同上, pp. 151-152
- 4) 自然災害科学研究体制具体化計画, 災害科学総合研究班, 昭 45.3.

(1970.3.18・受付)

土木振動学便覧編集小委員会編

土木技術者のための 振 動 便 覧

A 5・450 2400円 会員特価 2000円 (〒110)

基礎、応用の 2 編に分け、13 章に分類した土木に関するあらゆる振動問題を取上げた便覧。付録として耐震規定、耐風設計規定などを付す。機械、建築など他分野からも評価が高い。研究者、設計者、実務者むき。

測定法編集小委員会編

建設技術者のための 測 定 法

A 5・422 2000円 会員特価 1800円 (〒100)

土木学会誌に講座として連載されていたものを大幅に加筆、項目追加を行ったユニークな測定に関する便覧。建築、気象関係者などから注目を集む。9 章に分け詳述す。大学教科書、設計者、研究者、実務者むき。

岩盤力学委員会編集小委員会編

再版出来

土木技術者のための 岩 盤 力 学

B 5・490 3600円 会員特価 3000円 (〒130)

土木地質学、岩石の力学的性質、岩盤試験、強度・変形に対する理論的あるいは模型実験的解析法、透水の影響、斜面安定、掘削などの解説のほか工事例を多数収録す。研究者、設計者、実務者むきの岩盤研究への指針。

1970年改訂版 土木製図基準

〈付・製図のかき方〉

A 4・160 色刷 4 折込

付図 20 枚 上製豪華本

定価 1400円 会員特価 1200円

(〒130)

第 1 編 総則 第 2 編 鋼構造物 第 3 編 コンクリート構造物 第 4 編 測量その他・条文および解説つき
付録・製図のかき方 / 製図に関係ある規格 / 参考文献 / 添付図面・橋梁 (一般図・プレートガーダー・合成桁・トラス・ラーメン・箱桁・T 桁・橋脚・橋台・PC 橋) 鉄道・道路・河川・ダム・下水道などの計画図。

〒160 新宿区四谷 1 丁目

土木学会 電話 03(351)4131
振替東京 16828 番