

防災工学

鈴木猛康 編著

上石 勲
橋本隆雄 共著
山本吉道

理工図書

防災工学

鈴木猛康 編著

上石 勲
橋本隆雄 共著
山本吉道

防災工学

鈴木猛康 編著

上石 勲
橋本隆雄 共著
山本吉道

防災工学

編集者

鈴木猛康 山梨大学 工学部 土木環境工学科 教授

執筆者

上石 勲 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター センター長 第6章

鈴木猛康 山梨大学 工学部 土木環境工学科 教授
第1章、第2章、第3章、第4章、第5章、第9章

橋本隆雄 国士舘大学 理工学部 理工学科 教授 第8章

山本吉道 東海大学 工学部 土木工学科 教授 第7章

はじめに

1995年兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）より、日本列島は地震活動期に入ったと言われ、その後、マグニチュード7前後の内陸活断層型地震（内陸地殻内地震）の発生が続いた。そして、宮城県沖地震や東海地震といった巨大地震の発生が懸念される中、2011年3月にマグニチュード9.0の超巨大地震である東北地方太平洋地震が発生した。その後も同地震の余震が繰り返し発生する中、2014年神代断層地震、2016年熊本地震等の内陸活断層型地震の活動が活発化し、我が国はまさに地震活動期に入っている。

一方、地球の温暖化に伴って、時間80mmを超える猛烈な雨の発生回数が増加して毎年のように河川が氾濫し、土砂災害が多発している。2014年広島市の土石流、2015年関東東北豪雨、2016年北海道ならびに岩手県豪雨、そして2017年九州北部豪雨、2018年西日本豪雨等、線状降水帯の通過、観測史上最大規模の豪雨によって、大規模な豪雨災害が発生している。また、2014年2月には、関東甲信で豪雪災害が発生し、2014年の御嶽山の噴火は、戦後最悪の火山災害に至った。

このように自然災害の発生リスクが高まっている中、国や地方自治体、公共機関、総合建設業や設計コンサルタントで災害対策や防災計画に携わる土木技術者のみならず、民間企業の防災対策やBCPの担当者、学校や幼稚園・保育園の教職員、そして地域の防災リーダーとして活動される住民の皆さんに至るまで、防災の正しい知識が必要とされている。

防災工学とは、地震、豪雨、火山噴火等のハザードによる外力が誘因として作用した際、自然災害に強い社会システムやソフト対策により、社会素因を強靱にすることによって、災害の発生を防止、あるいは被害を軽減し、ひとの生命、身体、財産を守るための技術を研究する学術分野と定義される。防災工学には、地震工学や地盤工学といった工学の学術分野、地震学や気象学といった理学の学術分野だけでなく、計画や法制度、危機管理や災害心理といった社会科学、人文科学の学術分野も取り込む必要がある。したがって、防災工学の守備範囲は極めて広い。

筆者は地震工学、防災行政、地区防災、避難、災害情報、災害情報システム等の研究に携わっており、学生時代には土木工学とともに地質学を学んだ。大学では自然災害と都市防災、防災工学Ⅰ、Ⅱ、大学院で災害マネジメント工学や危機管理工

学の講義を担当している。研修や講演の講師を担当する機会も多く、テレビ、ラジオを通して一般市民に対して防災啓発を行う機会もある。そこで、本書では、工学、理学、人文・社会科学より防災に必要な要素を抽出し、新たな学問体系として、防災工学を構成することとした。

防災工学の教科書を、災害事象毎に担当の研究者が執筆すると、学術分野の寄せ集めになり、まとまりのない教科書になってしまう。したがって、単著として執筆したかったが、一人でまとめ上げるだけの素養が不足していたので、第6章の雪氷防災は上石博士、第7章の海岸防災は山本博士、第8章の宅地防災は橋本博士に、章の構成を示した上で執筆に協力していただいた。

本著が多くの大学で防災工学の教科書として、また行政や民間企業、そして地域防災リーダーの参考書として広く活用されれば、幸甚の至りである。

2018年11月

編著者 鈴木猛康

目次

第1章 災害多発国—日本 ————— 1

- 1.1 はじめに／2
- 1.2 プレート活動と地震、火山活動／2
- 1.3 日本列島と地質／4
 - 1.3.1 日本列島の誕生／4
 - 1.3.2 日本列島の地質／7
- 1.4 誘因と素因／8
- 1.5 災害対策の4段階／10

第2章 防災工学を学ぶための基礎知識 ————— 13

- 2.1 はじめに／14
- 2.2 地震学、地震工学の基礎知識／14
 - 2.2.1 断層と地震／14
 - 2.2.2 海溝型地震と内陸活断層型地震／15
 - 2.2.3 活断層／17
 - 2.2.4 地震と地震動／19
 - 2.2.5 震度とマグニチュード／20
 - 2.2.6 震度階／22
 - 2.2.7 地震動の特性を決定する3つの効果／24
 - 2.2.8 表層地盤の卓越周期／26
 - 2.2.9 固有周期と固有振動／28
 - 2.2.10 共振／28
- 2.3 災害に関わる気象の基礎知識／29
 - 2.3.1 時間雨量と雨の降り方／29
 - 2.3.2 気象警報・注意報、特別警報／29
 - 2.3.3 記録的短時間大雨情報／30
 - 2.3.4 アメダス／31
 - 2.3.5 解析雨量／32

- 2.3.6 台風／33
- 2.3.7 線状降水帯とバックビルディング現象／34
- 2.4 地形学、地質学に関する基礎知識／34
 - 2.4.1 地形図／34
 - 2.4.2 岩石に関する基礎知識／36
 - 2.4.3 沖積層と洪積層／39

第3章 地震災害

43

- 3.1 はじめに／44
- 3.2 地震被害／44
 - 3.2.1 耐震設計の変遷／44
 - 3.2.2 木造住宅の被害／46
 - 3.2.3 道路／48
 - 3.2.4 地下構造物／50
 - 3.2.5 津波による被害／51
- 3.3 表層地盤と地震被害 福井地震／52
 - 3.3.1 福井地震と震度7／52
 - 3.3.2 関東地震と共振／54
- 3.4 1964年新潟地震と液状化／55
- 3.5 地震動と緊急地震速報／56
 - 3.5.1 地震動から判断できる地震の諸元／56
 - 3.5.2 緊急地震速報／59
- 3.6 被害想定と地震防災／61
 - 3.6.1 想定とは／61
 - 3.6.2 想定地震の設定および地震動の設定／61
 - 3.6.3 建物被害／62
 - 3.6.4 人的被害／64
 - 3.6.5 ライフライン被害／65
- 3.7 地震対策（ハード対策）／67
 - 3.7.1 耐震設計とレベル2地震動／67
 - 3.7.2 地上構造物の免震、制震技術／68
 - 3.7.3 地下構造物の免震技術／69

- 3.8 地震対策（ソフト施策）／70
 - 3.8.1 建築物の耐震改修の促進に関する法律（耐震改修促進法）／70
 - 3.8.2 津波防災地域づくりに関する法律（津波防災地域づくり法）／72
 - 3.8.3 大規模地震対策特別措置法／72
- 3.9 技術者の役割／73
 - 3.9.1 中央省庁／73
 - 3.9.2 都道府県／73
 - 3.9.3 市町村／74
 - 3.9.4 設計コンサルタント／74
 - 3.9.5 総合建設業／74
 - 3.9.6 ライフライン企業／74

第4章 洪水害

77

- 4.1 はじめに／78
- 4.2 河川氾濫と地形／79
 - 4.2.1 谷底平野と河岸段丘／80
 - 4.2.2 扇状地／81
 - 4.2.3 氾濫原／83
 - 4.2.4 川の地形のまとめ／84
- 4.3 氾濫／85
 - 4.3.1 内水氾濫と外水氾濫／85
 - 4.3.2 破堤のメカニズム／86
- 4.4 堤防の設計の考え方／88
 - 4.4.1 計画の規模（治水安全度）／88
 - 4.4.2 超過洪水と河川氾濫／88
 - 4.4.3 計画高水流量と堤防高／89
 - 4.4.4 洪水予報と水位／91
- 4.5 避難の現状と水防対策／92
 - 4.5.1 避難の現状と問題点／92
 - 4.5.2 河川水位と避難情報／94
 - 4.5.3 洪水ハザードマップ／95
 - 4.5.4 水防法と水害対策／96

- 4.6 過去の水害と法制度／98
 - 4.6.1 法整備の歴史／98
 - 4.6.2 1947年カスリーン台風と水防法制定／99
 - 4.6.3 1959年伊勢湾台風と災害対策基本法制定／101
 - 4.6.4 長崎大水害と記録的大雨情報／103
 - 4.6.5 2004年新潟・福島豪雨と避難行動要支援者の避難支援／105
 - 4.6.6 2015年関東・東北豪雨災害と広域避難／108
- 4.7 山地河川の災害（2017年九州北部豪雨災害）／110
- 4.8 技術者の役割／115
 - 4.8.1 中央省庁／115
 - 4.8.2 都道府県、市町村／115
 - 4.8.3 建設コンサルタント／116
 - 4.8.4 総合建設業／116

第5章 土砂災害・火山災害

119

- 5.1 はじめに／120
- 5.2 土砂災害の種類／121
 - 5.2.1 崖崩れ／121
 - 5.2.2 土石流／122
 - 5.2.3 地滑り／123
- 5.3 土砂災害防止法と警戒避難／124
 - 5.3.1 土砂災害防止法の概要／124
 - 5.3.2 土砂災害危険箇所と土砂災害警戒区域／125
 - 5.3.3 土砂災害警戒区域の指定方法／126
- 5.4 土砂災害警戒区域指定と警戒避難体制／128
 - 5.4.1 土砂災害警戒区域指定の流れ／128
 - 5.4.2 警戒避難体制の構築／129
 - 5.4.3 土砂災害ハザードマップ／130
- 5.5 土砂災害警戒情報／131
 - 5.5.1 土砂災害警戒情報の定義／131
 - 5.5.2 土壌雨量指数とタンクモデル／131
 - 5.5.3 土砂災害警戒情報判定の仕組み／134

- 5.5.4 雨量データに関する課題／135
- 5.6 土砂災害の例／136
 - 5.6.1 2017年九州北部豪雨災害／136
 - 5.6.2 平成30年7月豪雨災害（西日本豪雨災害）／139
- 5.7 土砂災害防止対策（ハード対策）の例／141
- 5.8 火山災害／143
 - 5.8.1 火山災害の種類／143
 - 5.8.2 噴火警報と警報レベル／144
- 5.9 技術者の役割／146

第6章 雪害と減災

149

- 6.1 過去の大雪災害と最近の雪害の傾向／150
 - 6.1.1 年最大積雪深の変化／150
 - 6.1.2 過去の大雪災害／151
 - 6.1.3 最近の大雪災害とその特徴／152
 - 6.1.4 雪害の社会的変遷／155
- 6.2 降雪／156
- 6.3 積雪の性質と雪害／157
 - 6.3.1 積雪の種類と力学的性質／157
- 6.4 雪害とその対策／158
 - 6.4.1 屋根雪と家屋周辺の除雪による事故／158
 - 6.4.2 道路雪氷災害／160
 - 6.4.3 雪崩・崩落雪災害／162
 - 6.4.4 吹雪・吹き溜まり災害／168
 - 6.4.5 着・冠雪災害／171
- 6.5 防災対策（ハード対策）と減災対策（ソフト対策）／173
 - 6.5.1 雪氷災害に関する気象庁の警報、注意報／173
 - 6.5.2 雪氷対策のソフト対策／175
- 6.6 行政機関による災害対応の概要／175
 - 6.6.1 地方自治体の対応／175
 - 6.6.2 2014年2月の関東甲信大雪の行政機関の対応／176
- 6.7 技術者の役割／177

- 7.1 海岸災害の事例／180
 - 7.1.1 高波災害／180
 - 7.1.2 高潮災害／183
 - 7.1.3 津波災害／185
- 7.2 高波災害／187
 - 7.2.1 高波災害の特徴／187
 - 7.2.2 高波の発生メカニズム／189
 - 7.2.3 高波の評価法／190
 - 7.2.4 防災対策と減災対策／197
- 7.3 高潮災害／204
 - 7.3.1 高潮災害の特徴／204
 - 7.3.2 高潮の発生メカニズム／206
 - 7.3.3 高潮現象の評価法／206
 - 7.3.4 防災対策と減災対策／208
- 7.4 津波災害／209
 - 7.4.1 津波災害の特徴／209
 - 7.4.2 津波の発生メカニズム／213
 - 7.4.3 津波現象の評価法／216
 - 7.4.4 防災対策（ハード対策）／222
 - 7.4.5 減災対策（ソフト対策）／228
- 7.5 海岸法と海岸防災／229
 - 7.5.1 海岸法の制定・改定と対策／229
 - 7.5.2 津波・高潮ハザードマップ／231
 - 7.5.3 技術者の役割／232

- 8.1 はじめに／242
- 8.2 宅地防災に関する法的基準／242
 - 8.2.1 都市計画法による開発申請と宅地の造成／242

- 8.2.2 宅地造成等規制法／242
- 8.2.3 宅地防災マニュアル／244
- 8.2.4 建築基準法／245
- 8.2.5 被災地危険度判定制度／246
- 8.3 宅地耐震設計／248
 - 8.3.1 宅地耐震設計の考え方／248
 - 8.3.2 耐震設計の一般的手順／249
 - 8.3.3 設計地震動／249
- 8.4 宅地擁壁／251
 - 8.4.1 擁壁の被害状況と既往地震被害の比較／251
 - 8.4.2 擁壁の安定計算／256
 - 8.4.3 擁壁などの簡易な点検／256
 - 8.4.4 擁壁の補修・補強対策／258
- 8.5 液状化／259
 - 8.5.1 液状化の被害状況／259
 - 8.5.2 液状化に対する安全率／261
 - 8.5.3 液状化に伴い被害を受けた建築物の復旧／262
 - 8.5.4 液状化の補強対策／263
 - 8.5.5 公共施設と宅地との一体的な液状化対策／265
- 8.6 大規模盛土／265
 - 8.6.1 大規模盛土の被害状況／265
 - 8.6.2 盛土の安定計算／267
 - 8.6.3 大規模盛土造成地／269
 - 8.6.4 大規模盛土造成地の対策工法／269
 - 8.6.5 個々の宅地で行う盛土滑動対策／272
- 8.7 技術者の役割／273

第9章

ソフト防災対策

277

- 9.1 はじめに／278
- 9.2 災害情報／279
 - 9.2.1 災害時の情報ニーズ／279
 - 9.2.2 集合的ストレスと集合行動／280

- 9.2.3 関東大地震と流言／280
 - 9.2.4 東日本大震災と流言／282
 - 9.2.5 風評被害／283
 - 9.2.6 リスク情報とリスク認知／283
 - 9.2.7 災害におけるパニック神話／285
 - 9.2.8 通れた道路マップ／286
 - 9.3 法制度／287
 - 9.3.1 災害対策基本法の概要／287
 - 9.3.2 災害救助法／290
 - 9.3.3 激甚災害制度／292
 - 9.3.4 治水三法（河川法、砂防法、森林法）／293
 - 9.3.5 住宅応急修理支援制度／294
 - 9.3.6 地区防災計画制度／295
 - 9.4 ICT と防災／299
 - 9.4.1 災害時の情報の収集と伝達／299
 - 9.4.2 政府による ICT 防災／300
 - 9.4.3 気象庁による危険度分布の公表／302
 - 9.4.4 都道府県の災害時情報共有システム（徳島県）／302
 - 9.4.5 市町村の災害情報システム／306
- 索引／309

第1章

災害多発国一日本

- 1.1 はじめに
- 1.2 プレート活動と地震、火山活動
- 1.3 日本列島と地質
- 1.4 誘因と素因
- 1.5 災害対策の4段階



1.1 はじめに

わが国は自然災害の多発国である。英語では Disaster-prone Country という。日本列島は急峻な地形、脆弱な地質で構成されている。世界の 0.25% の面積であるにもかかわらず、世界で発生するマグニチュード 5 以上の地震の約 20%、活火山の約 7% がわが国の国土ならびに周辺海域に集中しており、年間降水量も多い。また、アジアモンスーン地帯に位置する島国であるため、台風の襲来を受ける。狭い国土の 20% の平野部に人口の約 50%、財産の約 75% が集中するなど、わが国では地震、津波、豪雨、豪雪、台風、高波・高潮、地すべり、がけ崩れ、土石流、火山噴火など、ありとあらゆる自然事象（ハザード；Hazard）が多発する。

災害のことを英語では disaster という。dis は「離れて」あるいは「～なしで」という否定的な意味をもち、aster はギリシャ語の ‘astron’、すなわち星を意味する。したがって、disaster は星のない状態、星に見離された「不運」を意味する。災害とはハザードによって人の生命、身体、財産が損なわれることである。したがって、所有者のいない無人島や砂漠のど真ん中で大地震が起こったとしても、人の営みがないので災害が発生することはない。経済大国であるわが国では、狭い国土のさらに平野部に人も財産も集中しているため、ハザードが災害に直結するとともに、その規模も大きくなる。その結果、わが国は自然災害リスクの高い国、災害多発国となっている。

繰り返し発生する自然災害を経験し、自然災害から学んだ結果、災害の発生を未然に防止し、被害を軽減する技術が構築され、仕組み（法制度）が整備されていった。その結果、わが国は防災先進国といわれるほど、世界で災害対策が最も進んだ国のひとつとなった。それでも年間の自然災害による犠牲者は世界の約 0.3%、被害額は世界の約 10% を占めており、やはりまだ災害多発国であり、さらなるハード、ソフト両面の災害対策の強化・拡充が望まれている。

1.2 プレート活動と地震、火山活動

地球の年齢は約 46 億年といわれている。かつて 2.5 億年ほど前に Gondwana 大陸とユーラアメリカ大陸が衝突して Pangaea 超大陸が誕生したとされている。Pangaea 超大陸は、2 億年前に分裂を始め、ユーラシアプレート、北アメリカプレートが誕生し、1.2 億年前にはオーストラリアプレートと南極プレートが分離して南に移

動し、南アメリカプレートとアフリカプレートが誕生した。さらに、インド亜大陸がアフリカから分かれて北に向かい、5,500 万年前にユーラシアプレートと衝突し、ヒマラヤ・チベット山脈が誕生した。なお、亜大陸とは大きなプレートに接している小さなプレートのことである¹⁾。

プレートとは地殻とその下の上部マントルの最上部で構成される厚さ 100 km 程度の岩盤の板である。大陸プレートは厚さ 70 km 程度で主に密度の小さな花崗岩で構成され、海洋プレートは厚さ 100 km 程度で大陸プレートよりも厚く、主に密度の高い玄武岩で構成されている。したがって、両プレートが衝突すると、重い海洋プレートが軽い大陸プレートの下に沈み込む。海洋プレートのことをスラブとよぶことがある。太平洋側では太平洋プレートとフィリピン海プレートという 2 種類の海洋プレートが衝突するが、ここでは相対的に密度が高くて古い太平洋プレートが、密度が低くて若いフィリピン海プレートの下に沈み込んでいる。

大陸プレートが海洋プレートの下に沈み込む境界の海底の大きな溝（舟状海盆）のことを海溝あるいはトラフとよぶ。海溝とトラフは形成される深さで区分され、一般的に 6,000 m より浅いものをトラフ (trough)、6,000 m を超えるものを海溝 (trench) とよんでいる。例えば南海トラフは水深 4,000 m 程度、日本海溝は水深 8,000 m 程度である。列島の太平洋側の海底には、いくつもの海溝やトラフが連なっている。これらの場所では、海洋プレートが海溝やトラフに沈み込む際、いっしょに陸のプレートの先端部をひきずり込み、それによって歪んだ陸のプレートの先端部が跳ね上がって地震が発生する。これが海溝型地震を代表するプレート境界地震である。

日本列島周辺ではユーラシアプレート、北アメリカプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートという 4 つのプレートが押し合っている。したがって、このような場所では地震が集中して発生する。世界で起こるマグニチュード 5 以上の地震の約 20% が日本列島周辺で発生しているのは、そのような理由による。

海洋プレートの沈み込み深さが 100 km 程度に至ったとき、その圧力と熱によって岩盤の中の一部が溶融し、マグマとなって上昇し、それが地表に噴出することによって形成されるのが火山である。海洋プレートの岩盤は、温度が高いほど、圧力が低いほど溶融しやすい。100 km 程度の深さで海洋プレート内から水が絞り出されると、これが触媒となって融点の温度を下げ、マグマが生成するとされている。マグマは密度が軽いため上昇し、地下約 10 km のマグマ溜りに一旦留まって、地震の影響などによって地殻の圧力に変化が生じた際に地表に噴出する。したがって、プレート境界に並行して火山も分布している。図 1.2.1 中の火山フロントは、これ以上

プレート境界側には火山が分布しないという火山の最前線を示している。火山弧（伊豆—小笠原弧）は、前述の太平洋プレートがフィリピン海プレートの下に沈み込む際に発生する火山群であるため、フィリピン海プレート上で生成され、フィリピン海プレートの活動に伴って伊豆半島へと向かって移動している。わが国の活火山の数は2018年3月現在で111であり、この数は世界の活火山の総数の約7%にあたる。

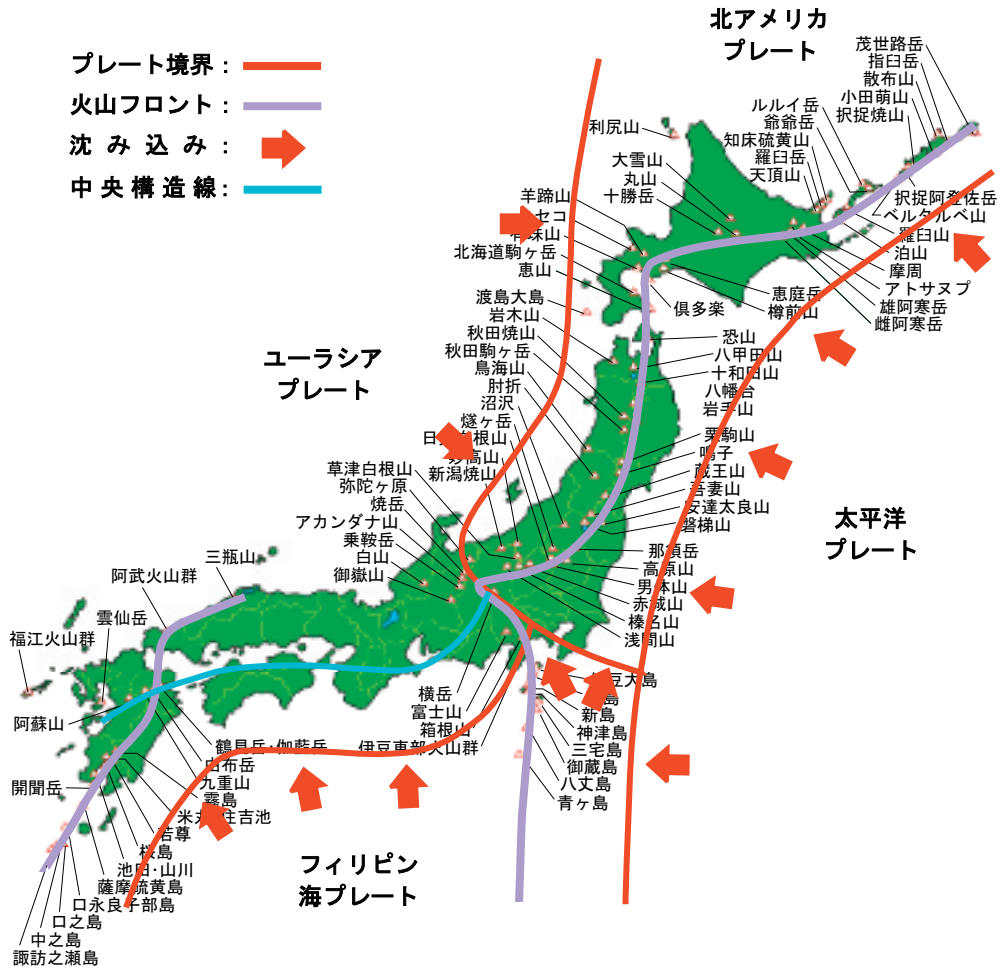


図 1.2.1 日本列島周辺のプレート境界と火山フロント

1.3 日本列島と地質

1.3.1 日本列島の誕生

前述の 5,500 万年前には、まだ日本列島は存在していない。日本列島はまだユーラシア大陸の東縁に位置し、ここにはプレート活動によって移動してきた地殻の表

面が衝突し、付加体を形成していた。付加体とは、海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込む際に、海洋プレートの地殻の一部がはぎ取られ、陸側に付加したものであり、日本列島の多くの部分はこの付加体によって形成されている。

海嶺で生まれた玄武岩質溶岩の地殻を有する海洋プレートは、大陸プレートと衝突するまでの数千 km の距離を数千万年かけて移動する。その過程で石灰岩やチャート（放散虫や珪藻などの生物の遺骸が沈殿した岩石）が堆積し、また地下からのマグマの上昇により、火山岩および凝灰岩などの火山砕屑岩で覆われる。さらに大陸に近づくと、泥岩や砂岩が堆積する。したがって、付加体の地質は形成された年代も岩石の種類も複雑で、かつ地層の傾斜が急であり、場合によっては地層の年代が上下で逆転していることもある。また、高い圧力と温度によって岩石が変成しているものも多い。

日本列島誕生の歴史を3つの段階で説明したい。第一段階は中央構造線による断層活動である。ジュラ紀から白亜紀の初め（約1億4千年前から1億年前）に、大陸の東縁に沿って大地が大きく横ずれを起こす断層が発生した。これが中央構造線である。ずれの長さは約60 km とも100 km ともいわれている。この断層の形成には、同時代にユーラシア大陸の外側に存在したイザナギプレートの存在が大きな役割を果たしている。イザナギプレートはユーラシアプレートと平行に移動していたが、約7,000万年前に移動の方向を変え、ユーラシアプレートに約45度の角度で北上してプレートの下に沈み込み、左横ずれ運動を起こした²⁾。

第二の段階は列島の大陸からの分裂である。約3,000万年前からユーラシア大陸の東縁で陸地が裂け始め、激しい火山活動が始まった。台地が裂けてできた窪みには水が溜まり、湖が形成された。約2,500万年前には湖がさらに拡大して太平洋の水が入り込み、日本海が形成された。沈み込む海洋プレートとその上の大陸プレートとの間でマンデル対流し、その湧昇流によって大陸プレートが引き伸ばされ、ついには分裂してその下の海洋プレートが現れ、拡大したとされている²⁾。海底が拡大して日本海は広がったが、日本列島はまだ約2,000万年前までは、2つに裂かれた半島状態であった。

第三段階が、日本列島の誕生である。約1,500万年前には日本列島は大陸から離れて島となり、現在の関東は東日本と西日本を隔てる窪み、海峡であった。この窪みが大地溝帯、フォッサマグナである。フォッサマグナ (Fossa Magna) はドイツの Heinrich Edmunt Nauman によって1886年に命名された。なお、糸魚川—静岡構造線はフォッサマグナの西縁であって、フォッサマグナではない。この頃より、フィリピン海プレートがユーラシアプレートに衝突し、沈み込むようになったとされて

いる。図 1.2.1 にみられる日本列島の南の火山弧（伊豆—小笠原弧）がフィリピン海プレートの上昇に伴って日本列島に衝突し、約 1,200 万年前に橿形山地が、約 900 万年前に御坂山地が、そして約 500 万年前に丹沢山地が形成されたとされている。最後の衝突によって現在の伊豆半島が形成された。図 1.3.1 に日本列島に衝突した伊豆—小笠原弧前縁の地塊の分布を示す³⁾。



図 1.3.1 日本列島に衝突した伊豆—小笠原弧前縁の地塊の分布³⁾

長い間の火山弧の衝突で生まれた山地からの大量の土砂が東西日本を隔てていた海に流出するとともに、活発な海底火山活動によって地下から流出した火山岩や火山碎屑物の堆積によって、フォサマグナは埋められていった。火山岩や火山碎屑物に変色して緑色をしていることから、グリーンタフ（緑色凝灰岩）とよばれている。さらに日本列島は圧縮場となって海底が隆起することによって、関東山地や関東平野が形成され、500 万年～300 万年前にやっと日本列島はひとつになったとされている³⁾。

図 1.3.2 は中央構造線とフォッサマグナの位置を示したものである。中央構造線は、九州の熊本から大分、そして四国を通過し、さらに和歌山から長野県の諏訪湖まで連続して分布することが確認されている。諏訪湖で糸魚川－静岡構造線と交わり、さらに東に分布すると思われるが明瞭ではない。

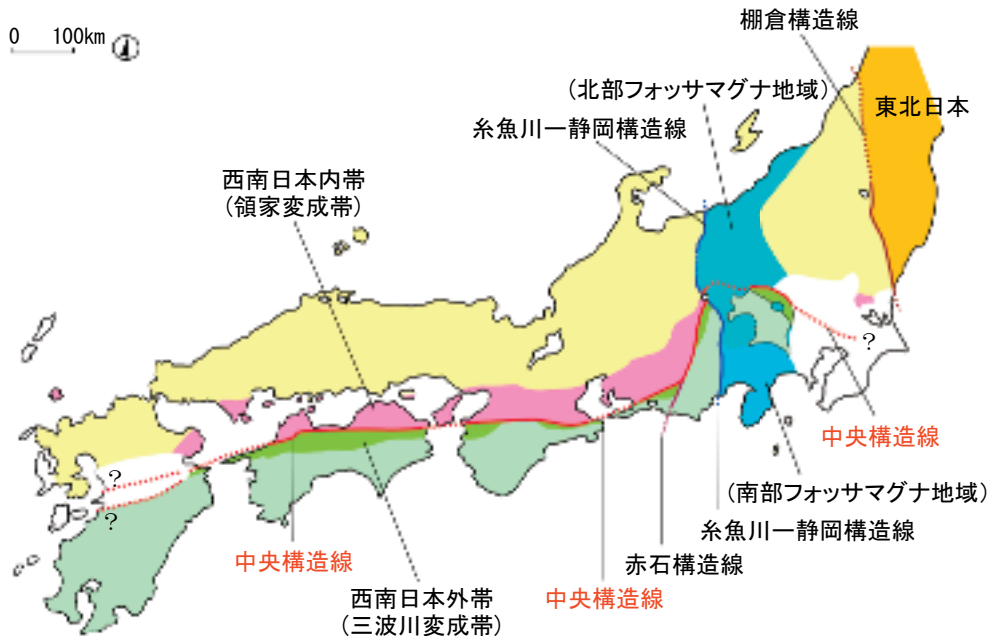


図 1.3.2 中央構造線とフォッサマグナ⁵⁾

1.3.2 日本列島の地質

前述した通り、日本列島は、図 1.3.3 に示す①～⑦の激動の過程で誕生し、現在の地形に至った。なお、付加体の形成は現在に至るまで続いて行われており、南海トラフの地震では四国の海岸において付加体が隆起し、房総半島や三浦半島においては関東地震のたびに付加体が隆起して海岸段丘を形成している。なお、⑦風化・浸食は絶えず起こってきた現象であるが、敢えて日本列島が安定した現段階の現象として加えた。

- | | |
|---------------------|-------------------|
| ① 大陸東縁における付加体の形成 | ⑤ フォッサマグナにおける造山運動 |
| ② 中央構造線による断層活動 | ⑥ その後のプレート活動や火山活動 |
| ③ 大陸からの分離による激しい火山活動 | ⑦ 風化・浸食 |
| ④ 伊豆－小笠原弧の衝突 | |

図 1.3.3 日本列島誕生の歴史

日本列島の誕生はせいぜい1,500万年前のことであった。ところが日本列島最古の地層や岩石は、5億年前の古生代先カンブリア紀であることが分かっている。特に日本列島に広く分布する地層群のほとんどは、付加体とその上の堆積層である。付加体のうち、中央構造線より北側の外体の三波川（変成）帯と内体の領家（変成）帯は、ともにジュラ紀から白亜紀（2億年前から1億年前）にかけて形成された変成岩体であり、両帯は中央構造線を境として水平約60km、上下約20kmずれている³⁾。三波川（変成）帯は中央構造線上の約1,000kmの長さにわたって分布している。これらの変成岩は圧力と熱によってもとの岩石が再結晶化し、変成岩（結晶片岩など）となっており、板状に割れやすい。中央構造線の南の四国山地は急峻である。さらに太平洋側には秩父帯、四万十帯などの付加体があるが、これらも亀裂が多く、断層によって寸断されている。一方、日本海側では大陸から日本列島を裂いた激しい火山活動の結果、福井県の東尋坊に代表されるような安山岩や玄武岩の柱状節理が形成されるなど、急峻な地形となっている。さらに、中央構造線は糸魚川—静岡構造線で寸断され、構造線より東はフォッサマグナで関東山地や平野が分布している。東北日本では太平洋プレートの沈み込みによる圧縮運動によって急峻な山地が形成されている。

このように、狭い日本列島には急峻な山地が形成されており、山を構成する岩石は多種多様で、地層は断層によって寸断され、傾斜し、亀裂が多い。急峻な山脈が日本列島に沿って分布し、またアルプスでは南北に3,000m級の山脈が発達している。これらの山脈によって、日本列島の年間降水量は平均で1,700mmと非常に多い。梅雨、秋雨、台風襲来による豪雨によって、亀裂の多い岩盤の風化の速度が速まる。

急峻な山では豪雨のたびに山腹を崩壊させながら沢を水が流れ、沢は山地河川へ流れ込み、山地河川はV字谷を削りながら流れてやがて谷底平野を形成し、氾濫を繰り返しながら自由に流路を変えて流れ、さらに山地河川が平地に出ると氾濫して扇状地を形成した。米国のグランドキャニオンでは、安定した大陸の20億年前から2億5千年前に地層累重の法則に従って、広く水平に堆積した地層を見ることができるとされている。しかし日本列島では、地層の水平成層構造を見ることすらまれである。また、米国のミシシッピ川のように、膨大な流域面積を有し、緩やかな勾配でゆっくりと流れる河川と比べると、日本列島の河川はまるで滝のようである。

1.4 誘因と素因

自然災害は、誘因が素因に作用することによって生じると説明することができる。

図 1.4.1 を用いて説明する。誘因とは、地震、地震によって発生する津波、砂地盤の液状化、台風、高波・高潮、豪雨や豪雪によって発生する洪水、積雪、地すべり、がけ崩れ、土石流、火山噴火、火山噴火によって発生する溶岩流、火砕流、噴石などの自然事象あるいはハザードのことを意味する。わが国においては、ありとあらゆる種類の自然災害のハザードがあり、その発生頻度が高く、強度も高い。しかし、地震や台風といった誘因である自然事象を防止することはできない。

素因にはハザードを生じやすい地形や脆弱な地質といった自然素因と、人口や建物・施設・資産の集中した社会や組織の脆弱性といった人の営みに起因する社会素因がある。山地か平野かによって発生する災害の種類も規模も異なる。例えば、地盤が軟弱で低い土地である沖積平野は、地震では揺れやすく、豪雨では浸水や河川氾濫の影響を受けやすい自然素因を有している。また、社会素因には、災害において犠牲者となりやすい高齢化の進んだ社会や維持管理の行き届かない脆弱なインフラが含まれる。自治体の実効的な防災体制未整備や地区住民の防災意識の低さも社会素因に含まれる。急傾斜地における切土・盛土による宅地開発や湿地の埋立て、もともと自然素因として配慮すべき土地へのソーラーパネル設置など、人工改変を行った土地は、自然素因と社会素因の中間的存在といえる。

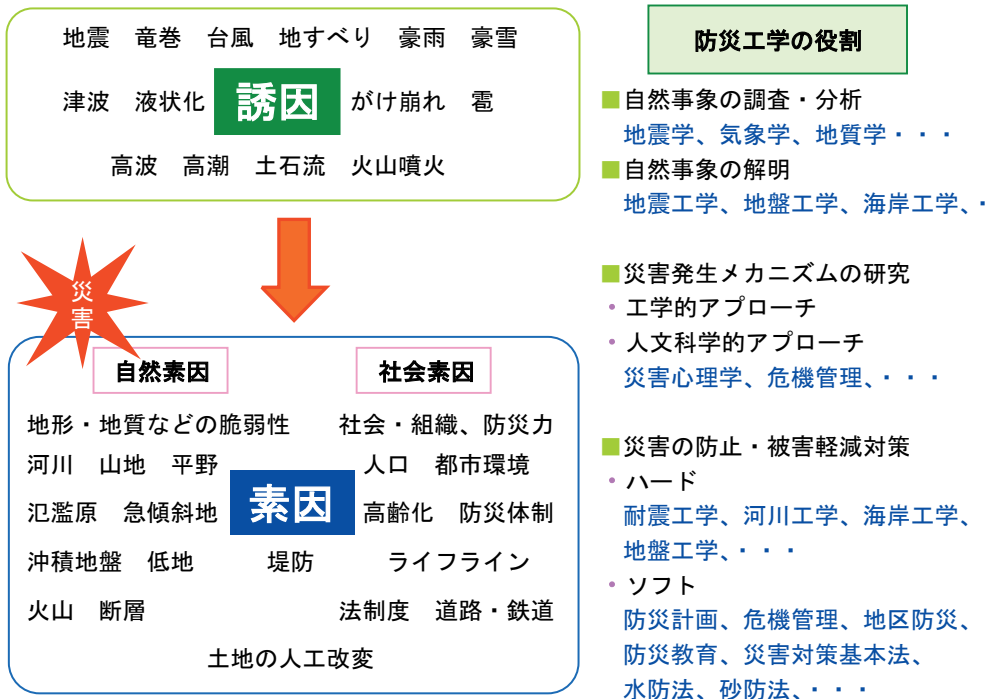


図 1.4.1 災害の素因と要因、そして防災工学の役割

誘因を防止、軽減することはできないが、素因に働きかけて災害の発生を防止したり、被害を軽減することはできる。自然災害の予防とは、堤防のかさ上げ、建物の耐震化などのハード対策によって災害の発生を未然に防止することである。また、自然災害による被害の軽減では、砂防堰堤のようにハード対策によって最悪の被害から免れ、被害規模を縮小させることも重要であるが、河川氾濫時の避難、法制度改正による宅地開発の制御、防災教育の強化、地区防災活動の推進などのソフト対策による社会素因の強化が有効といえる。

図 1.4.1 の右欄では、防災工学の役割という観点から、誘因である自然事象の発生並びに災害に至るメカニズム解明、災害を防止・軽減する技術など、防災工学を構成する要素として整理している。本書では、できる限り計画や法制度、危機管理といったソフト分野に至るまで、守備範囲を広げて防災工学をまとめてみたい。

1.5 災害対策の4段階

災害対策は4つの段階に分類される。図 1.5.1 は各段階の関係を模式的に示している⁴⁾。第一段階は災害予防 (Mitigation) で、災害による人命や財産に対する脅威を除去または軽減する対策、建物などの構造上の危険性、什器・備品など構造物以外の物の危険性、危険物などによる脅威などを対象とした主にハード的な対策を意味している。その効果は対策を講じることにより持続するものである。建物の耐震補強、耐震岸壁などの構造物の耐震化、建物や橋梁の免震化のような大型のハード対策から、家具の転倒防止のような簡易なハード対策に至るまでが災害予防に含まれる。第二段階は準備 (Preparedness) であり、災害発生時に安全な行動をとり、災害に効果的な対応を行い、その後平常状態に復旧・復興する手順などを、事前に準備することである。主にソフト的な対策であるが、災害予防 (Mitigation) を含めて緊急事態の準備ということもある。以上のように、災害予防と準備は、災害発生前の事前の対策である。

第三段階の対応 (Response) は、災害が発生した際、事前に決めた対応手順を実行に移すことである。応急対応・応急復旧まで含めて対応という。例えば地震災害であれば、発災直後の被災者救助から避難所開設・運営、道路段差の応急的な修復や崩落土砂の除去などに要する1週間～3週間程度の期間の対応を意味している。最後の段階は復興 (Recovery) で、事前に決めた復興の手順を実行に移し、被災者の生活を立て直す支援を行い、都市、生活をもとに戻すことである。自治体が復興され、もとの生活ができまでに、10年以上を要することもまれではない。災害

対策は、一度災害を経験して完了するというものではない。事前の災害予防、準備によって、ある程度は被害を軽減（減災）できるが、実災害では必ず想定外の事態が発生するものである。また、国内の他地域あるいは国外で発生した災害から、検討すべき新たな課題も出てくる。したがって、絶えず防災計画を見直し、災害予防、準備の充実を図る継続的な活動が不可欠である。このように、マネジメントサイクルを回しながら絶えず見直すので、防災はDisaster Managementなのである。

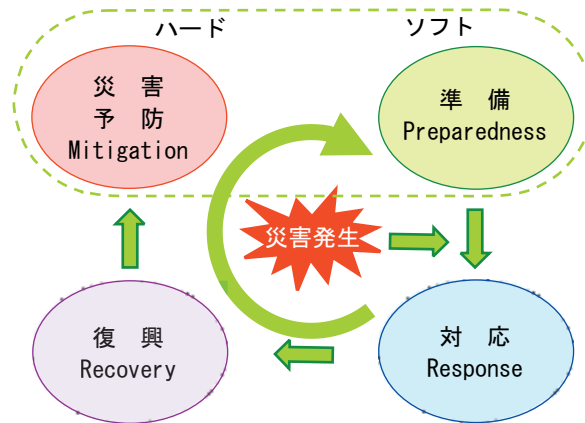


図 1.5.1 災害対策の 4 つの段階⁴⁾

参考文献

- 1) 山崎晴雄，久保純子：日本列島 100 万年史 大地に刻まれた壮大な物語，講談社，2017.
- 2) NHK スペシャル「列島誕生 ジオ・ジャパン 激動の日本列島誕生の物語，宝島社，2017.
- 3) 高木英雄：年代で見る日本の地質と地形，誠文堂，p. 23，2017
- 4) 鈴木猛康：巨大災害を乗り越える地域防災力 ～ハードとソフトで高める住民・行政協働の災害対策～，静岡学術出版，2011.
- 5) <http://www.osk.janis.or.jp/mtl-muse/subindex03.htm>

第2章

防災工学を学ぶための 基礎知識

- 2.1 はじめに
- 2.2 地震学、地震工学の基礎知識
- 2.3 災害に関わる気象の基礎知識
- 2.4 地形学、地質学に関する基礎知識



2.1 はじめに

3章以降は防災工学を災害の種類ごとに学ぶ。その際、地震学や地震工学、気象学、地形・地質学などの基礎知識が必要であり、また各章の理解を高めることになる。これらの専門分野の教科書を参照しながら本書の3章以降を学ぶのもよいが、それでは時間も手間もかかるので、第2章では3章以降で防災工学の専門知識を習得するのに必要な基礎知識、各章で共通な基礎的項目について解説する。

2.2 地震学、地震工学の基礎知識

2.2.1 断層と地震

地震とは、地下の岩盤が破壊する際の衝撃が振動となって地表へ伝達し、地面を揺らす現象である。岩盤が破壊することによって生じたずれ、あるいは食い違いのことを断層とよんでいる。前述の通り、約6,400kmの半径を有する地球のごく表面の100km程度はプレートとよばれ、10枚程度に分かれたそれぞれのプレートは年間数cmの速度で移動している。したがって、プレート間でもプレート内でも岩盤に絶えず強い力が作用している。

例えば、**図 2.2.1 (a)**のようにプレート運動に起因してある範囲の岩盤に圧縮力（応力）と引張力（応力）が作用する場合、**図の実線と破線の合力は**図 2.2.1 (b)**に示すように、点線で示す面に平行で、互いに方向の異なるせん断力（偶力）を形成する。点線で示す面で作用するせん断力が岩盤のせん断抵抗力を超えると破壊が生じ、ずれ、すなわち断層が発生する。**図 2.2.1 (b)**において、破壊が右肩上がりの面で生じるか、左肩上がりの面で生じるかは、岩盤を構成する地層や地形によって支配されるので、定まっているわけではない。このように、二組の偶力（カップル、couple）によって地震断層の発生を説明するために、このようなダブル・カップル震源が用いられている。**

写真 2.2.1は1992年ルソン島（フィリピン）地震の際に、地表に現れた断層の軌跡で、地表地震断層という。奥行き方向に引張、左右方向に圧縮の力が作用した結果、ずれが生じたものである。写真の手前が窪んで池となっており、奥行き方向に引張力が作用したことを示している。一方、地表地震断層を挟んだ池の反対側では地表面が少し盛り上がって段差が生じている。圧縮側には盛り上がった地面（pressure ridge）が、引張側には窪んだ池（depression pond）が形成されている。

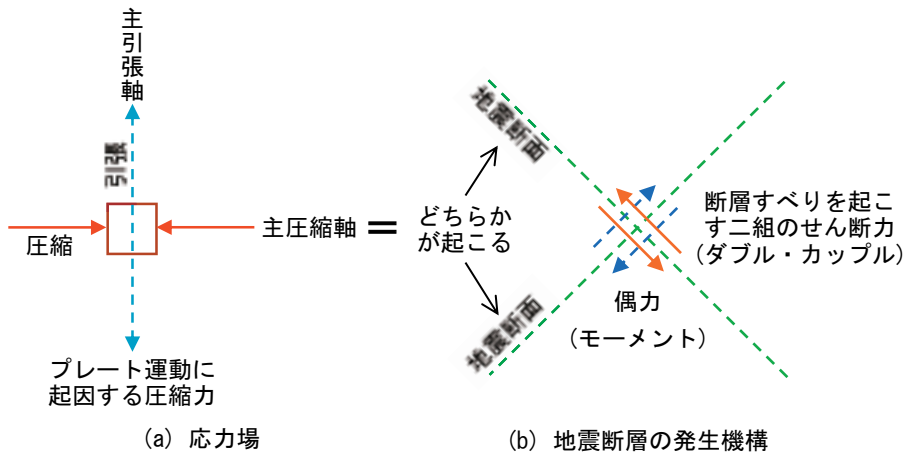


図 2.2.1 地震断層発生機構とダブル・カップルモデル

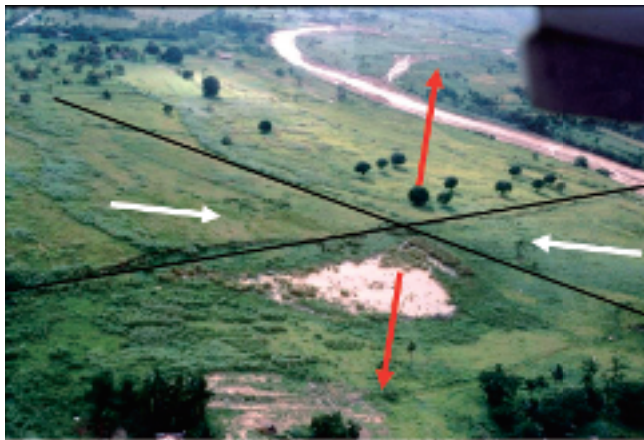


写真 2.2.1 地表地震断層 (筆者撮影)

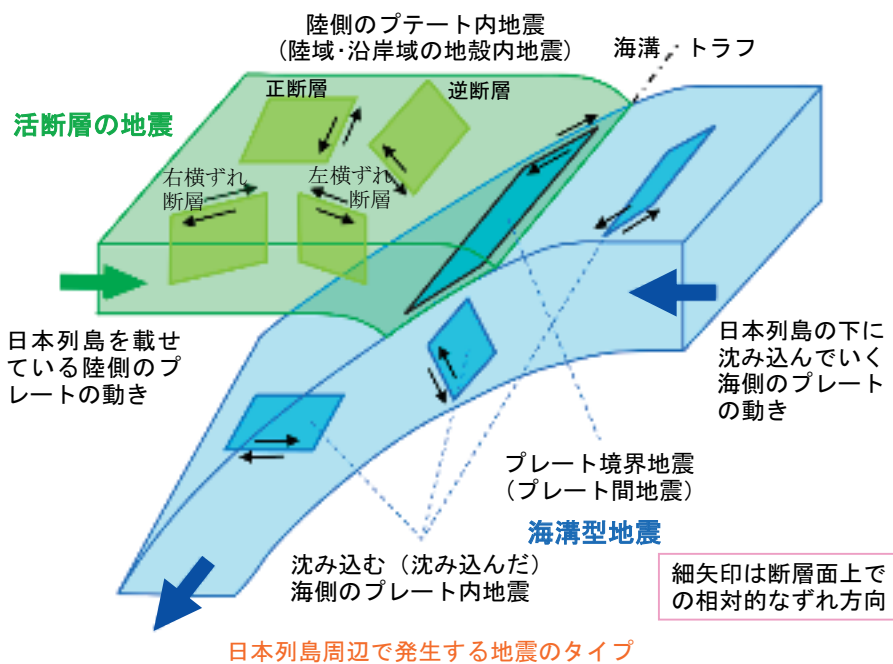
2.2.2 海溝型地震と内陸活断層型地震

日本列島周辺では、陸側のプレートの下に太平洋プレートおよびフィリピン海プレートの2つの海側のプレートが沈み込んでいる。このプレート活動によりプレート境界やその内部に蓄積されたひずみを解消するために日本列島とその周辺では多くの地震が発生している。その発生場所により「海溝型地震」と「内陸活断層型地震」に大別される。

図 2.2.2 は日本列島周辺で発生する典型的な地震のタイプを断層とともに示している。また、表 2.2.1 は地震のタイプを断層破壊の場所によって分類したものである。海溝型地震は陸側のプレートと海側のプレートの境界である海溝やトラフ付近で発生する地震である。海溝型地震には、プレート境界での断層運動により発生す

る「プレート境界（プレート間）地震」と海側のプレート内部での断層運動により発生する「海洋プレート内地震」（スラブ内地震）」がある。ここで、スラブとは海洋プレートのことである。地震調査研究推進本部では、陸側のプレート同士の境界である日本海東縁部で発生する地震も海溝型地震として評価している。

内陸活断層型地震は陸側のプレート内部での断層運動により発生する地震である。深さがおおむね 30 km よりも浅い地殻の内部で発生するため、「内陸地殻内地震」ともよばれる。活断層で発生する地震だけでなく、地震動予測地図における「震源を予め特定しにくい地震」である活断層が認められていない陸域および沿岸域で発生する浅い地震も含まれる。



出典) 日本列島周辺のプレートと発生する地震のタイプ (全国地震動予測地図 解説編より)

図 2.2.2 地震の発生と断層の関係

表 2.2.1 地震のタイプの分類と断層破壊の場所

地震のタイプ	断層破壊の場所	名称
海溝型地震	プレート境界	プレート境界(間)地震
	海洋プレート内	海洋プレート内地震(スラブ内地震)
内陸活断層型地震	陸側プレート内	内陸地殻内地震

2.2.3 活断層

活断層（かつだんそう、active fault）とは、きわめて近き時代まで地殻運動を繰り返した断層であり、今後もなお活動する可能性のある断層である。ここでいう「きわめて近き時代」とは新生代第四紀（約 200 万年前から現在までの間）をさす。内陸活断層型地震は陸側のプレート内部での断層運動により発生する地震である。前述の通り、「内陸地殻内地震」ともよばれる。活断層で発生する地震だけでなく、活断層が認められていない陸域および沿岸域で発生する浅い地震「震源を予め特定しにくい地震」も含まれる。

鉛直面内のずれによって発生する断層のタイプには、正断層と逆断層がある。図 2.2.3 に示すように、三角形の積み木を 4 つ組み合わせた岩盤に、左右に引張が生じる応力場が存在する場合、上盤の 2 つの積み木は下盤の積み木の斜面を滑り落ちる方向に移動する。このようにして発生する断層を正断層という。これに対して、図 2.2.4 のように、左右に圧縮される応力場が存在する場合、上盤の 2 つの積み木は、下盤の積み木の斜面を滑りあがるように移動する。このようなずれが発生する断層を逆断層という。わが国ではプレート同士が押し合う圧縮場が形成されているので逆断層が多い。

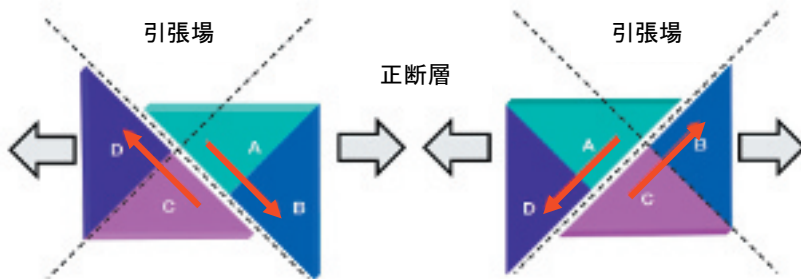


図 2.2.3 正断層の発生メカニズム

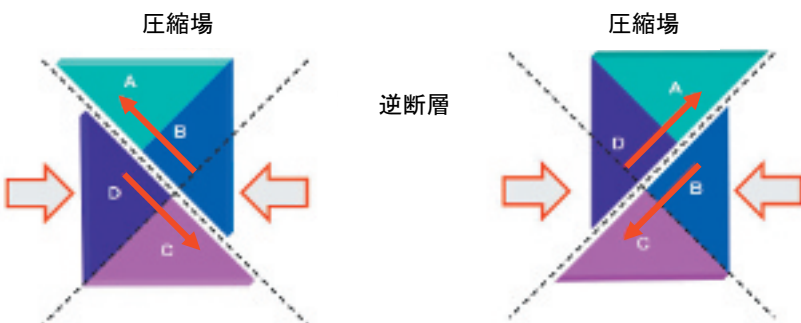


図 2.2.4 逆断層の発生メカニズム

写真 2.2.2 は 1891 年濃尾地震 (M8.0) によって地表に現れた地表地震断層である。断層面は地下 10 km~30 km にあるが、断層のずれが地表まで到達して地表でずれが生じたものを地表地震断層という。内陸活断層型地震でマグニチュードが 8.0 に達するものはまれで、ずれの規模がきわめて大きな地表地震断層である。写真中央を手前から奥に向う道路が、道路を斜めに横切る斜面によって切断されている。この斜面が地表地震断層である。約 8 m の横ずれ (左横ずれ) を有する逆断層であるので、地表地震断層より奥にある土地が、断層を境として約 7 m 隆起した。道路を断層に向かって歩く人を見れば、隆起によって生じた段差がいかに高いかが分かる。逆断層ではあるが地表に先端が鋭角になった上盤が見えないのは、下盤の上に乗りがあがった土砂が不安定なので、自重で崩れたためである。



写真 2.2.2 1891 年濃尾地震 (M8.0) で発生した根尾谷断層

一方、水平面内のずれによって発生する断層は、右横ずれ断層と左横ずれ断層に分類される。**図 2.2.5** を用いて横ずれ断層の見分け方について説明する。右横ずれ断層は地表地震断層を跨いで立ったとき、右足側の地面が後方へ、左足側の地面が前方へと相対的に移動し、あたかも右回転が発生したかのようなずれが発生する水平面内の断層である。その逆で、左方向の回転のずれが発生するかのようなずれが発生するのが左横ずれ断層である。

写真 2.2.3 は 1999 年トルコ・コジャエリ地震 (M7.8) で発生した北アナトリア断層の活動で生じた地表地震断層である。断層のずれによって水道管が破断し、約 8 m の右横ずれが発生した²⁾。一方、鉛直方向のずれ量は 50 cm 程度と少ない。北アナト

リア断層は、トルコを東西に縦断する断層で、プレート間が水平にずれるトランスフォーム断層であり、わが国にはないタイプの断層である。

これまで鉛直面内のずれである正断層と逆断層、水平面内のずれである横ずれ断層について説明してきたが、**写真 2.2.2**、**写真 2.2.3**に示した通り、両者が組み合わされて地表地震断層が発生している。鉛直面内、水平面内のどちらのずれが卓越するかは、その地域の応力場による。

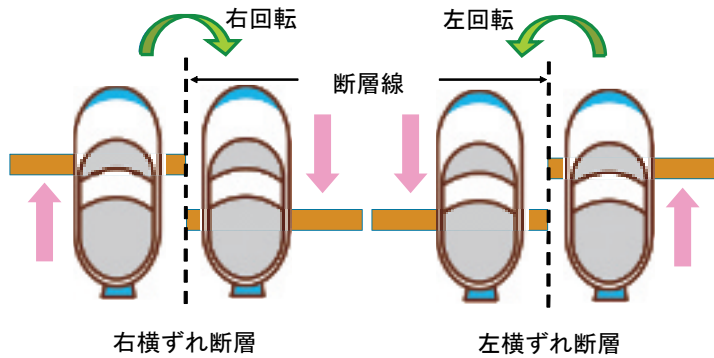


図 2.2.5 横ずれ断層



写真 2.2.3 右横ずれ断層（トルコ・コジャエリ地震）

2.2.4 地震と地震動

地震は地下の岩盤が破壊する際の衝撃が振動となって地表へ伝達し、地面を揺らす現象であることを述べた。岩盤の破壊エネルギーを後述するように地震の規模を表す指標としたものがマグニチュードである。

索引

和文

あ

アセスメント・ロールアップ・304
アフリカプレート……………3
アメダス……………31, 32, 135, 137
アメダス観測点……………120
アリュージョン海溝……………185
アンカー工……………272
アンカー付法枠工……………142
暗渠工……………271
アンサーバック装置……………300
安山岩……………8, 36, 37, 137, 138
安政3年の大風災……………184
安息勾配……………201
アンダーピニング工法……………262
安定度調査表……………164

い

イエローゾーン……………125, 126
イザナギプレート……………5
石積護岸工……………142
イスパッシュの式……………223
イスパッシュの定数……………223
伊勢湾台風
……………98, 101, 103, 184, 197, 205, 287
一級河川……………293
岩井法……………164

う

うねり……………189
埋め戻し現象……………201
裏法面……………86
運搬作用……………85
運搬排雪……………160

え

永祚の風……………184
液状化……………56, 259
越水……………86, 88, 90
エネルギー平衡方程式……………189
エネルギー保存則……………189
エリアメール……………60
塩化ナトリウム……………161
沿岸……………229

沿岸漂砂量……………198
円弧滑り面……………267

お

大雨警報（土砂災害）……………135
大雨特別警報……………110
大時化……………182
オーストラリアプレート……………2, 185
大雪警報……………173
大雪注意報……………173
大雪特別警報……………173
沖合……………191
沖波波高……………191
屋内安全確保……………93
押え盛土工法……………270
表法面……………86, 87

か

海岸侵食……………188, 198, 209
海岸法……………98, 229
海岸保全基本計画……………233
海溝……………3, 185
海溝型地震……………3, 15, 61, 62, 186
海溝型大地震……………214
海水の連続式……………216
外水……………86
外水氾濫……………86
回折係数……………192
回折現象……………218
海抜ゼロメートル地帯……………205, 208
海浜流……………199
海洋プレート……………3, 5
海洋プレート内地震……………16
家屋倒壊等氾濫想定区域……………95, 96
河岸段丘……………80, 81, 85, 113
拡幅除雪……………160
確率論的地震動予測地図……………72, 299
崖……………122, 126, 243, 245
崖崩れ
……………121, 126, 131, 137, 138, 242, 244
花崗岩……………37, 120, 122, 138
花崗閃緑岩……………37, 137, 138
火砕岩……………38
火砕サージ……………143
火砕流……………143
火山ガス……………144

火山岩……………36, 137
火山弧……………4, 6
火山災害……………143
火山泥流……………143, 144
火山フロント……………3
火山噴火予知連絡会……………145
火山防災協議会……………145
カスケード沈み込み帯……………185
カスリーン台風……………96, 98, 99, 101
火成岩……………36, 38, 137
風津波……………213
河川工学……………88
河川法……………97, 98, 146, 293
活断層……………17
滑動……………256
活動火山対策特別措置法……………145
滑動崩落……………247, 266, 268, 269, 272
河道……………78, 79, 83, 84, 113
渦動粘性係数……………216
カトリーナ……………183
ガマ……………87
空石積擁壁……………252, 253
ガリー……………123
ガル……………56
乾きしまり雪……………157
換算沖波波高……………193
冠雪……………171
寒地土木研究所……………174
岸沖漂砂……………198
関東ローム層……………39
間伐……………121
岸壁……………181, 201

き

既往最大潮位偏差……………192
危険度レベル……………91
気象業務法……………144
気象庁マグニチュード……………185
季節風型……………156
北アメリカプレート……………2, 3
基本計画高水流量……………89
基本高水流量……………88, 89, 95
逆断層……………17, 18
急傾斜地崩壊危険箇所
……………81, 125, 126, 131
凝灰岩……………38, 137, 138

共助……………231,295
共振効果……………28
胸壁……………222
局地激甚災害指定基準……………292
漁港漁場整備法……………230
巨大地震……………21
切土……………49,244
緊急災害対策派遣隊……………73,115,146
緊急災害対策本部……………288,290,300
緊急地震速報……………60
緊急消防援助隊……………74

く

杭工……………272
杭状地盤補強工法……………263,264
屈折係数……………191
屈折現象……………218
屈折変形……………192
熊本地震……………21,47,48
クライシス・マッピング……………304
グライド……………158
グライド係数……………158
グラウンドアンカー工法……………270,273
クラック……………253
クリープ……………158
グリーンタフ……………6
クリティカルライン……………134

け

計画高水位……………88,89,90
計画高水流量……………88,89,90,91
計測震度……………23
計測震度計……………20
激震……………22
激甚災害……………292
激甚災害指定基準……………292
激甚災害制度……………292
激甚災害に対処するための特別の
財政援助等に関する法律……………292
激甚災害法……………292
激甚法……………290
結晶質石灰岩……………38
結晶片岩……………39
限界N値法……………249
減災……………89
減衰装置……………68
建築基準法……………44,242,245
玄武岩……………8,36

こ

弘安の役台風……………184

広域緊急援助隊……………74
工学的基盤……………62
後期白亜紀……………139
格子状地中壁工法……………265
公助……………231,295
洪水……………77,84,85,88
洪水時家屋倒壊危険ゾーン……………87
洪水浸水想定区域……………95,97
洪水浸水想定区域図……………95
洪水ハザードマップ……………95,96,130
洪水予報……………97,115
洪水予報指定河川……………91,92
鋼製透過型砂防堰堤……………142
洪積層……………39,40
洪積台地……………39
降雪結晶……………163
降灰……………144
後背湿地……………83,84
港湾法……………230
護岸……………181,201,222
護岸工……………142
克雪住宅……………159
極浅海波……………191
固結工法……………258,263,264,270
固有周期……………55
固有振動……………28
コンクリート系擁壁……………251,253
コンクリート護岸工……………142
ゴンドワナ大陸……………2

さ

災害援護資金……………297
災害応急対策責任者……………299
災害から命を守るための行動……………93
災害救助法……………52,74,278,291,294
災害時情報共有システム……………302
災害障害見舞金……………297
災害対応管理システム……………306
災害対策基本法
……………79,98,103,115,230,278,295
災害弔慰金……………297
災害派遣医療チーム……………304
サイクロン……………33,183,206
採石……………121
サイト効果……………25,26,28,62
碎波限界値……………188
相模トラフ……………54,59
朔望平均満潮位……………192
里雪……………156
サプライチェーン……………154,155
砂防堰堤……………139,140,141,142

砂防指定地……………293
砂防法……………98,146,293
三角州……………83,85
散水方式……………161
さんばち豪雪……………151
山腹工……………142
三面張り堤防……………188
三面被覆堤防……………196,201

し

シーボルト台風……………184
ジェヴォンズ効果……………135
市街地建築物法……………44
自助……………231,295
地震・津波観測監視システム……………228
地震基盤……………62
地震津波……………213
地震防災情報システム機能……………301
地震防災対策特別措置法……………62,72
地震保険……………298,299
地滑り……………123,124,128,131
地滑り危険箇所……………125,128,131
自然素因……………9,98,120,121
自然堤防……………83,84,85
視線誘導施設……………169,171
市町村地域防災計画……………288,295
市町村防災会議……………288
市町村防災行政無線……………300
質量保存則……………190
指定河川洪水予報……………91
自発光式デリニエータ……………171
地盤改良工……………272
しぶき……………189,204
地吹雪……………168,169
締固め工法……………263,264
シモザラメ雪……………163
霜注意報……………174
社会素因……………9,10,98,120,121
地山補強土工法……………258
斜面雪圧……………158
蛇紋岩……………39
ジャワ海溝……………185
集合行動……………280
柔構造化技術……………69
集合的ストレス……………280
住宅応急修理支援制度……………294
住宅基礎の立上げ工……………273
集団同調性バイアス……………93,284
重要水防箇所……………87,88
主要動……………57,58
準用河川……………293

消雪パイプ……………161,162
 消波堤……………181,197
 消防組織法……………96
 初期微動……………57,59
 初期微動継続時間……………57,58,59
 震央……………20,21
 震央距離……………20
 深海波……………191
 新河川法……………98
 震源……………20
 震源域……………20
 震源距離……………20
 震源効果……………28,62
 人工リーフ……………181,197
 浸食作用……………85
 浸水想定区域……………97
 深成岩……………36,37,137,138
 新生代第四紀……………17,39
 新雪除雪……………160
 深層崩壊……………137,138
 新耐震設計法……………46,47,48,63,67,71
 震度……………20
 浸透……………86
 振動モード……………27
 震度階級……………22
 震度観測点……………23
 震度法……………248
 森林法……………146,293

す

水位周知河川……………91,92,94,95,97
 水害……………78,79,80
 水成岩……………37
 垂直避難……………93,96
 水平避難……………93
 水防管理団体……………97
 水防団……………97
 水防団待機水位……………91
 水防法……………79,95,97,98,101
 捨て石・コンクリートブロック
 ………………198
 スネークライン……………134
 スノーシェッド……………166
 スノーシェルター……………169
 スノーボール……………171
 滑り型免震構造……………70
 滑り支承……………68
 スラブ……………3,16
 スラブ内地震……………16,25

せ

正常化の偏見……………93,114,284
 正常性バイアス……………93,284
 静振……………208,215
 制震……………46
 制震装置……………69,74
 脆性破壊……………45,48,68
 正断層……………17
 積層ゴム支承……………68
 セットアップ……………206
 扇央……………81,82
 全壊率曲線……………62,63
 洗堀……………86,87,95,110,136,199,201
 洗堀防止工……………188
 線状降水帯……………108,110,136,139
 扇状地……………81,83,85,135
 浅水係数……………191,192,193
 浅水変形……………191,217
 浅水変形現象……………188
 浅層地盤改良工……………273
 全層雪崩……………162,163
 扇端……………82
 せん断抵抗力……………14
 せん断破壊……………45,48,50
 せん断力……………14
 扇頂……………81
 前兆現象……………122,124,129,279
 前兆滑り……………72
 千枚岩……………39
 閃緑岩……………37

そ

素因……………8,9,10,78,80,98,120
 総合防災情報システム……………301
 造成宅地防災区域……………244,268
 走路……………162
 速度応答スペクトル……………66
 ソリトン分裂……………221

た

耐圧版工法……………262
 大規模地震対策特別措置法……………72
 大規模氾濫減災協議会……………98
 大規模氾濫減災協議会制度……………110
 大規模盛土滑動崩落……………265
 大地震……………21
 耐震改修促進法……………71
 堆積岩……………36,38,37
 堆積区……………162
 堆積作用……………85
 体積ひずみ計……………72

ダイナミックオーバーシュート現象……………214
 タイフーン……………33
 台風……………33,183,206
 太平洋高気圧……………206
 太平洋プレート
 ………………3,4,15,51,185,186,213,214
 大陸プレート……………3,5
 高潮……………205,206,208
 高潮ハザードマップ……………209
 卓越周期……………27,28,55
 卓越振動……………26,27
 卓越振動数……………26
 宅地造成工事規制区域……………242
 宅地造成等規制法……………242
 宅地防災マニュアル
 ………………242,248,249,256
 立ち退き避難……………93
 建物被害関数……………62
 谷底……………83
 谷底平野……………8,80,85,110,113,137
 ダブル・カップル震源……………14
 段丘……………39
 タンクモデル……………132,135
 断層……………14
 断層破壊……………24,25

ち

地域気象観測システム……………31
 地域防災計画……………128,230,233,288
 地下水水位低下工法……………263,264,265
 地下水排除工法……………270
 地区防災計画……………288,295
 地区防災計画制度……………289
 千島・カムチャッカ海溝……………185
 治水安全度……………88
 治水計画……………88
 治水三法……………98,146,293
 地表地震断層……………18
 地表水排除工……………271
 チャート……………5,37
 着雪注意報……………173
 着氷注意報……………173
 注意水位……………91
 中央構造線……………5,7,8
 中央防災会議……………288
 中央防災行政無線……………300
 柱状節理……………8,36
 沖積地盤……………25
 沖積層……………39,40,83
 沖積平野……………83

潮位偏差……………206,207
超過洪水……………89,90
超巨大地震……………21
長周期振動……………215
潮汐……………208
長波……………191
跳躍……………168
地理情報システム……………130
沈下……………256
沈降力……………158

つ

通行実績情報……………286
津波…213,214,215,216,217,229
津波圧……………224,227
津波限界浸水深……………227
津波・高潮ハザードマップ…231
津波・高潮ハザードマップマニユアル……………229,231
津波遡上……………210
津波遡上数値モデル……………220
津波防災地域づくり法……………72
吊柵……………166

て

低温注意報……………174
堤外地……………86
低気圧型……………156
堤内地……………78,86,89
堤防……………181,201,222
堤防敷……………85
ディレクティブティ効果……………25
デブリ……………162
天井川……………78
天端……………86,90
天端幅……………88、90
転倒……………256
転動……………168
転倒マス式雨量計……………135
天然ダム……………123,138
伝播効果……………28,62
天文潮位……………206

と

等圧線……………156
等高線……………35,82
等深線……………192,198
東南海・南海地震に係る地震防災
対策の推進に関する特別措置法72
東北地方太平洋沖地震21,186,288
導流堤……………181,197

トーマスプロット法……………164
通れた道路マップ……………286,287
特別警戒水位……………91,92,97
特別警報……………30
床固工……………142
都市計画法……………242
土砂災害……………80,124,125,293
土砂災害危険箇所……………125
土砂災害警戒箇所……………146
土砂災害警戒区域
…125,126,127,128,135,140,146
土砂災害警戒区域等区域……………125
土砂災害警戒情報……………135
土砂災害警戒判定メッシュ情報
……………135,279,302
土砂災害警戒避難ガイドライン
……………129
土砂災害特別警戒区域
……………125,126,129
土砂災害ハザードマップ
……………125,126,130,131,140,147
土砂災害防止対策基本指針…128
土砂災害防止法124,139,146,242
土砂災害ポータルサイト……………130
土壌雨量指数……………132,133,136
土石流
……………82,85,120,126,131,137,140
土石流危険渓流
……………125,126,127,131,140
突堤……………181,197
ドップラー効果……………25
都道府県防災会議……………288
都道府県防災行政無線……………300
トラフ……………3,185
トランスフォーム断層……………19

な

内水……………86
内水氾濫……………86
内陸活断層型地震
……………15,18,25,44,52,62,214
内陸地殻内地震……………16,17
内陸直下型地震……………25,59,67
ナスカプレート……………185
雪崩……………162,164,175
雪崩減勢工……………166
雪崩注意報……………173
雪崩予防柵……………164
7.23長崎大水害……………103
波エネルギーの保存則……………217
南海トラフ……………3,44,185,214

南海トラフ地震に係る地震防災対
策の推進に関する特別措置法…73
南海トラフ地震防災対策推進基本
計画……………230
南極プレート……………2
南米プレート……………185

に

二級河川……………293
二段擁壁……………251,253
日本海溝……………3,51,185,214
日本海溝・千島海溝周辺海溝型地
震防災対策推進基本計画……………230
日本海溝海底地震津波観測網…228
二面張り護岸……………188
二面被覆護岸……………196,201
入射有義波高……………203

ぬ

濡れざらめ雪……………157

ね

ねがらみ工法……………262
熱帯収束帯……………206
練石積擁壁……………251,253
年最大積雪深30年確率……………164
粘性効果……………189

の

法面……………86,244,246,247
法枠工……………142

は

バイアス……………284
排水促進工法……………263,264
ハイドログラフ……………90
パイピング破壊……………87
爆弾低気圧……………180
波高周期分布関数……………194
ハザード……………9,78,79
ハザードマップ
……………87,97,129,131,140
バックウォーター……………86
バックビルディング現象…34,110
発生区……………162
破堤……………86,87
パニック……………285
パニック神話……………285
腹付け型大規模盛土造成地…269
ハリケーン……………33,183,206
張出し床版付擁壁……………252

波浪エネルギー……………190
半壊率曲線……………64
パンゲア超大陸……………2
斑纏岩……………37
氾濫危険水位……………91,92,94
氾濫原……………83
氾濫平野……………85
斑レイ岩……………37

ひ

被害率曲線……………63,64
備荒儲蓄法……………290
被災者生活再建支援金…294,296
被災者生活再建支援法……………74
被災宅地危険度判定……………247
被災宅地危険度判定士
……………246,247,253
非常災害対策本部…288,290,300
微小振幅波理論……………190,191,192
ひずみ依存性……………27
飛雪……………168
非線形長波方程式……………216
左横ずれ断層……………18
非超過確率……………88
避難……………89,90
避難勧告……………91,94
避難行動……………93,94
避難行動要支援者名簿……………290
避難指示(緊急)……………94
避難準備・高齢者等避難開始…94
避難判断水位……………91
避難マウント……………229
兵庫県南部地震
……………22,23,46,48,57,62
表層地盤……………25,26,28
表層雪崩……………156,162,163,164
表層崩壊……………137,138
広島花崗岩……………139

ふ

フィリピン海プレート
……………3,6,15,44,185,213,214
ブーゲンビル海溝・トンガ海溝
……………185
風雪注意報……………173
風評被害……………278,283
フォーカシング……………26
フォッサマグナ……………5,6,7,8
吹き溜まり……………168,169,171,175
福井地震……………22,44,52
副振動……………21,208

吹雪……………168,169,175
浮遊……………168
フラジリティーカーブ……………62
プレート……………3,14
プレート境界型……………213
プレート境界地震……………3,16,25,61
プレート内型……………213
プレート内地震……………25
噴火警戒レベル……………144
噴砂……………56,87,261
噴砂孔……………87
噴石……………143

へ

ペルー・チリ海溝……………185
変形抑制工法……………263,264
変成岩……………36,38,137
片麻岩……………39

ほ

保安林……………293
ポイントジャッキ工法……………262
防護工……………164
防護柵工……………166
防護擁壁……………166
防災科学技術研究所…155,174,228
防災基本計画…230,232,233,288
防災行政無線……………92
防災業務計画……………230,288
防災工学……………10,44,80,88,146
防災情報共有プラットフォーム
機能……………301
防災ファミリーサポート制度…107
防雪切土……………171
防雪柵……………169
防雪施設……………169
防雪盛土……………171
防雪林……………169
防波堤……………181,197,222
暴風雪警報……………173
暴風雪特別警報……………173
防風林……………204
北米プレート
……………185,186,187,213,214
ホルンフェルス……………38

ま

マグニチュード
……………19,20,21,24,58,60,185,280
マグマ……………3,5,36,138
枕崎台風……………184

真砂土……………138,139
増積み擁壁……………251,253
マントル……………213

み

三日月湖……………83,84
右横ずれ断層……………18
水みち……………87
ミッション・マネージャ……………305
南アメリカプレート……………3

む

無散水消雪……………162
室戸台風……………184

め

免震……………46
免震支承……………68
免震装置……………74

も

モーメントマグニチュード
……………185,186,218
戻り流れ……………220,223,224
物揚げ場……………181,201
盛土……………49,223,244,268

や

山雪……………156

ゆ

誘因……………8,10,78,80,98,120,125
有義波高…180,182,190,192,195
有義波周期……………180,182
融雪槽……………161
融雪注意報……………173
誘導堤……………166
ユーラアメリカ大陸……………2
ユーラシアプレート
……………2,5,44,185,187,213,214
雪おろシグナル……………175
雪対策基本計画……………175
雪みち計画……………161

よ

要安全確認計画記載建築物……………71
溶岩流……………144
擁壁……………245,246,247,249
擁壁工……………272
擁壁補修工法……………258
抑止杭工法……………270

抑止工……………270
 抑制杭工法……………258
 抑制工……………270
 横ポーリング工……………271
 予防工……………164
 余裕高……………88,90

ら
 落雪……………171,172

り
 離岸堤……………181,197
 罹災者救助基金法……………290,291
 罹災証明書……………294
 陸開……………222,223
 流言……………280
 流雪溝……………162
 流紋岩……………36
 緑色凝灰岩……………6
 輪中……………102
 輪中堤……………85,102

れ
 レッドゾーン……………125,126
 レベル1地震動……………67,70
 レベル2地震動……………67,70
 連続の式……………190

ろ
 漏水……………88
 ローカルサイト・エフェクト…26
 ロードヒーティング……………162

英文索引

A

active fault……………17
 AMeDAS……………31

B

bomb cyclone……………182
 Boussinesq 方程式……………195

C

CADMAS-SURF……………192,194,221,224
 CL……………134
 Coriolis 定数……………207
 CSG……………223
 Cyclone……………33

D

disaster……………2
 Disaster Management……………11
 Disaster-prone Country……………2
 DMAT……………304
 DONET……………228

E

EMIS……………304
 Euler の運動方程式……………190

F

FL 法……………249
 Fossa Magna……………5
 Froude 数……………219,220

G

gal……………56
 GIS……………304
 Gutenberg-Richter……………21

H

H.W.L.……………89,90
 Hazard……………2
 High Water Level……………89
 Hurricane……………33

I

IAP……………305
 ICT……………300
 ICT 防災……………278
 Incident Action Plan……………305
 Information and Communication
 Technology……………300

J

J-ALERT……………228

M

Miles のせん断流理論……………190
 Mitigation……………10

N

Navier Stokes の運動方程式…192
 NCO……………304
 Network Centric Operation…304

O

off-shore……………191

P

Phillips の共鳴理論……………190
 Preparedness……………10
 P 波……………57,59,60

R

Recovery……………10
 Response……………10
 Rubey の式……………203

S

SI 値……………66
 S-net……………228
 Spectral Intensity……………66
 S 波……………57,58,59,60,62

T

TEC-FORCE……………73,115,146
 Technical Emergency Control
 FORCE……………73
 trench……………3
 trough……………3
 tsunami……………213
 Typhoon……………33

W

WBS……………305
 Work Breakdown Structure…305

防災工学

2019年1月11日 初版第1刷発行

編著者 鈴木 猛 康

検印省略

発行者 柴 山 斐呂子

発行所 理工図書株式会社

〒102-0082 東京都千代田区一番町 27-2
電話 03 (3230) 0221 (代表)
FAX 03 (3262) 8247
振替口座 00180-3-36087 番
<http://www.rikohtosho.co.jp>

©鈴木 猛康 2019 Printed in Japan ISBN978-4-8446-0879-0

印刷・製本 丸井工文社

〈日本複製権センター委託出版物〉

*本書を無断で複写複製（コピー）することは、著作権法上の例外を除き、禁じられています。本書をコピーされる場合は、事前に日本複製権センター（電話：03-3401-2382）の許諾を受けてください。

*本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製は著作権法上の例外を除き禁じられています。本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することは、たとえ個人や家庭内の利用でも著作権法違反です。

★自然科学書協会会員★工学書協会会員★土木・建築書協会会員

ISBN978-4-8446-0879-0

C3051 ¥3500E

定価（本体 3500 円＋税）

土木

土木工学 / 防災工学



9784844608790



1923051035007

