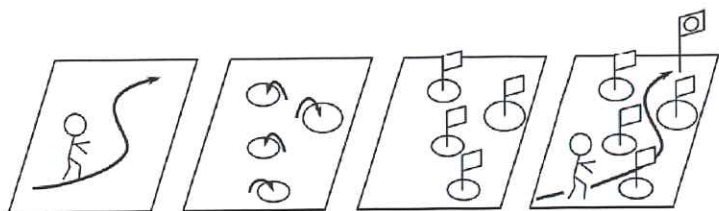


# 3現で 学んだ 危険学

畑村洋太郎

Yotaro Hatamura

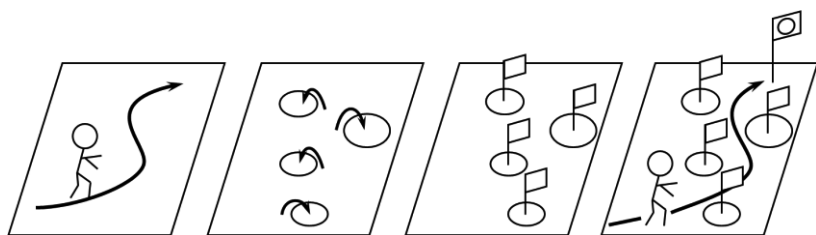


畑村創造工学研究所

# 3現で 学んだ 危険学

畑村洋太郎

Yotaro Hatamura



畑村創造工学研究所



# 発刊のことば

2007年から2020年にかけて行った「危険学プロジェクト」は、現地・現物・現人（げんにん）の「3現」、すなわち、研究の対象に直接接し、対象物が発する「気」を直接に感じ取って自らの考えを作り上げてゆくことが研究者にとって最も重要なこと、との筆者の考えを具現化したものである。

「危険学プロジェクト」では、実に多くの対象を取り扱い、多くの知見を得た。たとえば、通常では取り扱えない実物大の模型を作り、再現実験を行ったり、津波の来襲に備えて活動していた消防団の人達に、実際の津波が来たときの避難の実情を尋ねたり、「3現」でなければ捉えられないことをやった。これらの記述は2度と語ることでできない直接情報であり、伝聞情報では伝達できないものである。

本書では、その主なものを紹介する。

一方、筆者はこの20年近く多くの企業で独創的なビジネスを立ち上げるにはどう考え・実行するかというテーマで「畑村塾」を開催してきた。その考えは「技術の創造と設計」として岩波書店から2006年に上梓したものである。

本書は、その考えを実際に実行した結果をとり纏めたもので、理屈を考え・実行してみたらどうだったかを畑村塾の塾生のみならず、広く一般に伝えたいと思い、本書を作った次第である。

本書の構成は通常出版物とはかなり異なっている。プロジェクトを立ち上げ・実行するとき、常に意識していたこと～参加する人の頭の中に共有する考えを作りたい～をそのまま本の形にしたからである。

理屈版（「技術の創造と設計」）と実践版（本書）の両方を併せお読みいただき、危険学プロジェクトで考え・実行したことの全体像を得ることができることを期待している。

2020年7月31日  
畑村創造工学研究所  
危険学プロジェクト  
代表 畑村洋太郎







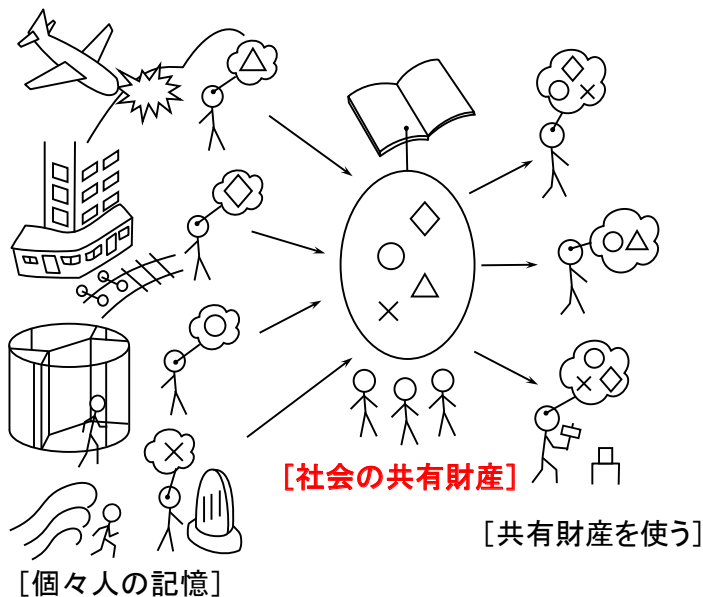


図0.2 危険についての知識を社会で共有する

さらに活動の成果を社会の共有財産とするため、さまざまな媒体を使って広く世の中に情報発信し、知識を共有することを目指した(図0.2)。

図0.1は“危険学”の考え方を表したものである。「こうしなさいとか、こういうことはしてはいけない」というルールを作り、そのルールを守れば事故が起こらないと考えるのが一般的であるが、危険学ではそれでは不十分だと考える。どこにどんな危険があって、それはどんな特性を持っているか、そしてその危険の発現を防ぐにはどうすればいいかということが書かれた“危険地図”が必要であると考えた。どこに危険があるか、遠くから見ても分かるように旗を立て、それを避けて通るルートを予め考える、すなわち危なさを避けて進む経路を自分で考えることが大事なのである。

図中の①と④の経路が結果的に同じだとすると、既に危険が分かっているな

ら①のような方法で問題ないのではないかと思いがちである。しかし、①と④には非常に大きな差がある。それは、自分で旗を見て考え、判断して経路を決めているかどうかという点である。①では、決められたルール通りになんとなくやっているだけで自分では何も考えていない。④のように、自分で考えなければならぬと考えるのが、危険学の考え方である。

本プロジェクトでもう一つ重視したのが、危険についての知識を社会で共有する（図 0.2）ということである。図中左の列は実際の事故や災害の事例で、1985 年の JAL 御巣鷹山墜落事故、2005 年の JR 西福知山線脱線事故、2004 年の大型回転ドア事故、三陸地方などリアス海岸で繰り返している津波を取り上げたが、津波の恐ろしさは 2011 年の東日本大震災で現実のこととなってしまった。そういう意味では原子力も同じで、「原子力は危険である」ということを伝えるために 2009 年度にプロジェクトを立ち上げていたが、2011 年に福島原発事故が起きてしまった。

危険学プロジェクトでは、再現実験や 3 現（現地に行き、現物に触れ、当事者に話を聞く）を重視して活動を行うと同時に、講師を招いて講義を聞いたり、得られた知見をもとに考えたり議論をしたりしながら、活動の成果を知識としてまとめることを目指した。さらに、活動を通じて得られた知見を知識として社会全体で共有できるようにし、その知識を生かして社会全体が行動するようにならなければならないと考え、「子どものための危険学」などいくつかの活動については実践している（図 0.3）。それによって事故を防ぐことができれば、初めてプロジェクトの意味があるといえるからである。

当初、危険学プロジェクトは 2007 年 4 月から 5 年間で終了する予定だったが、東日本大震災の津波や福島原発事故のような大きな災害が起これば、プロジェクトの継続を求める声が多かったため、バージョンⅡとしてプロジェクトを 2012 年 4 月からさらに 5 年間継続することになった。この 10 年間で危険学プロジェクトの実質的活動は終了したが、2017 年 4 月から 3 年間、「研究成果の社会への伝達と実践」を目的に「ポスト危険学プロジェクト」活動を行った。

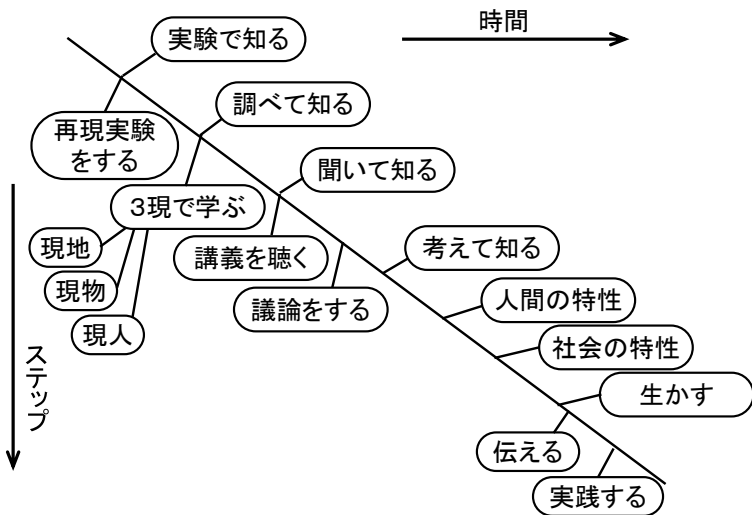


図0.3 危険学プロジェクトで実践してきたこと

筆者らはこの危険学プロジェクト活動を通して、各種事故や災害に潜む危険について、どう向き合ったらよいかを考えてきた。そして、東日本大震災・福島原発事故から8年が経った2019年に、改めていくつかの重大事故や大災害の現場を実見し、それらが我々に何をもたらしたのかを振り返ってみた。その結果、過去の重大事故や大災害の教訓を生かせていない日本があることに気づいた。まさに、“失敗学”から“危険学”への一大進化が必要なのである。

それらのことを踏まえ、本書では、上記危険学プロジェクト13年間の活動を、4編に分けて述べる。

A編では、バージョンIとIIの10年間の危険学プロジェクト活動で得られたものについて述べる。

B編では、東日本大震災と福島原発事故について述べる。

C編では、身の回りの危険、自然災害、福島原発事故について、事故の再現実験や事故現場、被災地、防災施設などの実見を通して得られた危険学のエッセンスを最も一般的な伝達方法となっている4コマ漫画にして示す。

D編では、危険学プロジェクトの10年間、ポスト危険学プロジェクトの3年間で、どう危険に向き合ったらよいかについて考えたことを述べる。

本書により危険の本質を知り、普段に見聞きする事故や災害を自分事として捉え、世の中に潜む様々な危険についてどう向き合うべきか、読者諸氏にさらに考えを深めてもらい、それらを実際の場で生かしてもらうことを願っている。

2020年7月31日

畑村洋太郎

#### **【補足-01 危険学プロジェクトの進め方】**

危険学プロジェクトは公的な性格を持ちながらあくまでも私的なもので、国からの助成金などは一切もらっていない。また、プロジェクト参加者のほとんどは手弁当（ボランティア）で、人件費は払っていない。プロジェクトの諸活動は、スポンサーとなったり、無償で実験場所や器具の提供、人のサポートをしてくれた企業や組織の協力のお蔭で成り立っている。さらに、情報発信のためにNHKや新聞社、出版社にも協力してもらっている。

## 目次

はじめに	i
A編 危険学プロジェクト活動で得たもの	
A1. 危険学プロジェクト活動概要	1
A1.1 バージョンⅠ	2
A1.2 バージョンⅡ	3
A1.3 ポスト危険学プロジェクト	4
A2. 10年間の活動で得られた知見	5
A2.1 実験で分かったこと	5
A2.1.1 衝撃力と挟み力	5
A2.1.2 除染実験	13
A2.2 実見（調査）で分かったこと	17
A2.2.1 ヒューストンエレベータ事故	18
A2.2.2 群衆雪崩	21
A2.2.3 土石流	23
A2.2.4 衝突による面圧	26
A2.3 医療従事者の行動と思考	29
A2.4 危険を知っている子どもを作る	30
A2.4.1 3種類の遊具製作	30
A2.4.2 冊子・絵本・CDの製作と配布	33
A2.4.3 出前授業	33
A3. 10年間の活動で得られた知識	34
A3.1 どこにどのような危険があるか	34
A3.1.1 危険要素の組合せ	35
A3.1.2 危険の特性	35
A3.2 人工物に関わる危険の特性	36

A3.2.1	本質安全と制御安全	37
A3.2.2	ブレーキ知識の共有	37
A3.2.3	安全率	39
A3.2.4	重大事故の発生原因	41
A3.3	危険に対する人的要因	42
A3.3.1	想定と想定外	43
A3.3.2	考え残し	43
A3.4	危険に関わる社会特性	44
A3.5	自然災害	45
A3.5.1	人間の記憶と時間の関係	45
A3.5.2	避難きのこ	48
A4.	危険学を生かす	49
A4.1	知識化とパターンマッチング	49
A4.2	知識の共有	50
A4.3	防災と減災	52
A4.4	マニュアルの立体化	53
A4.5	思考回路形成の必要性	55
B編 東日本大震災と福島原発事故		
B1.	実見・東日本大震災	59
B1.1	東日本大震災の概要	60
B1.1.1	津波高と犠牲者数	60
B1.1.2	震源分布	60
B1.1.3	前震と余震	63
B1.1.4	問題報道	64
B1.1.5	津波の寄せ波，引き波と到達時間	65
B1.2	津波被災地実見	65



B1. 2. 1	岩手県大槌町津波被災地実見	67
B1. 2. 2	岩手県宮古市田老津波被災地実見	72
B1. 2. 3	宮城県仙台・石巻津波被災地実見	79
B1. 2. 4	先人の教えを守った姉吉	86
B1. 2. 5	釜石の奇跡	88
B1. 2. 6	JR 常磐線新地駅での乗客避難誘導	89
B1. 3	歴史津波伝承地実見	93
B1. 3. 1	貞観津波伝承地	93
B1. 3. 2	慶長三陸津波伝承地	94
B1. 4	実見追記	95
B1. 4. 1	津波について	95
B1. 4. 2	町の再建について	97
B1. 4. 3	神社について	99
B1. 4. 4	道路復旧とくしの歯作戦	99
B2.	福島原発事故と避難・除染・帰還	103
B2. 1	原発構内で起こったこと-過酷事故	106
B2. 1. 1	事故の概要	107
B2. 1. 2	事故の推移	108
B2. 1. 3	2号機が大規模避難の元凶	109
B2. 1. 4	免震重要棟と消火系注水設備	109
B2. 2	原発構外で起こったこと-避難	111
B2. 2. 1	混乱を極めた避難	111
B2. 2. 2	画一的避難指示	111
B2. 2. 3	パニックを恐れた発表	115
B2. 2. 4	説明不足で混乱が拡大	116
B2. 2. 5	被災当事者の思いと失ったもの	118
B2. 3	原発構外で起こったこと-除染	120

B2.3.1	放射線による健康被害	120
B2.3.2	国の直轄除染	122
B2.3.3	除染地域の実見	123
B2.4	原発構外で起こったことー帰還	127
B2.4.1	避難指示解除と帰還	128
B2.4.2	帰還のゆくえ	128
C編. マンガで伝える危険		
C1.	身の廻りの危険	133
C1.1	大型回転ドア挟まれ事故	134
C1.2	エレベータ挟まれ事故	135
C1.3	エスカレータ転倒事故	136
C1.4	機械式駐車場挟まれ事故	137
C1.5	自転車転倒事故	138
C1.6	天窓墜落事故	139
C1.7	群衆雪崩	140
C1.8	「安全・安心」社会の危険	141
C2.	自然災害の危険	142
C2.1	防潮堤	143
C2.2	津波の破壊力	144
C2.3	平野部の津波被害	145
C2.4	ハザードマップ	146
C2.5	平時の安全対策が有事には障害に！	147
C2.6	自然の力を“いなす”	148
C2.7	おかしも	150
C2.8	津波てんでんこ	152
C3.	福島原発事故	153

C3.1	想定外	154
C3.2	避難	155
C3.3	災害関連死	156
C3.4	農地は復旧すらされていない	157

## D編. 危険に向き合う

D1.	日本の国土と自然災害	159
D1.1	日本の国土	159
D1.2	自然災害要因	160
D1.2.1	日本列島は地震の巣	161
D1.2.2	背中合わせの活火山	163
D1.2.3	滝のような川	165
D1.2.4	過密な低地帯	168
D2.	実見で感じたこと・考えたこと	170
D2.1	事故・災害の動態保存	170
D2.1.1	鉄道事故	171
D2.1.2	航空機事故	172
D2.1.3	交通安全のための事故品展示場ツアー	174
D2.2	洪水対策	174
D2.2.1	八ッ場ダム建設に至る経緯	175
D2.2.2	八ッ場ダム実見	175
D2.3	津波被害からの復興	177
D2.3.1	実見で分かったこと、感じたこと	178
D2.3.2	災害遺構と東日本大震災津波伝承館	179
D3.	危険と向き合う社会	182
D3.1	福島原発事故が意味するもの	183
D3.1.1	伝えたかったこと	183

D3. 1. 2	ものの見方・考え方について	184
D3. 1. 3	組織のあり方について	188
D3. 1. 4	文化のあり方について	190
D3. 1. 5	個人のあり方について	191
D3. 2	問題提起-危険に向き合える社会とは	192
D3. 2. 1	成功体験から抜けきれない日本	192
D3. 2. 2	改まらない日本の安全文化	193
D3. 2. 3	事故・災害の教訓が共有できない日本	194
D3. 2. 4	3現からすべてが始まる	196
おわりに		203
参考文献		206
索引		207

補足-01	危険学プロジェクトの進め方	v
補足-A1.1	危険学プロジェクトに関連した筆者の活動	4
補足-A2.1	黒い津波	28
補足-A3.1	記憶の減衰率	47
補足-A3.2	災害情報の収集	47
補足-B1.1	マグニチュード	62
補足-B1.2	熊本地震	63
補足-B1.3	言い伝え	87
補足-B1.4	街道と鉄道	92
補足-B1.5	津波のエネルギー	96
補足-B1.6	人口減少は被災地だけではない	98
補足-B1.7	空からの情報収集	101
補足-B1.8	大津波に対する思いと仮設住宅住まい	102
補足-B2.1	4～6号機の状況	105
補足-B2.2	原子力発電所内津波浸水域	105
補足-B2.3	放射線量の単位	114
補足-B2.4	米国の80キロ避難勧告がもたらしたもの	114
補足-B2.5	東電職員退避騒動の内幕	116
補足-B2.6	仮置場・仮仮置場と中間貯蔵施設	127
補足-B2.7	冷害の歴史を踏まえた覚悟の帰還	130
補足-B2.8	元委員長長どうしの対談	130
補足-B2.9	頭の中の景色	131
補足-D1.1	地震の発生確率	163
補足-D1.2	滝のような常願寺川の土砂災害	168
補足-D1.3	水防法の改正	169
補足-D2.1	主観的展示のすすめ	172
補足-D2.2	2018年と2019年の自然災害	176

補足-D2.3 大槌町 旧町役場庁舎について……………	182
補足-D3.1 フィルター付きベント……………	194
補足-D3.2 テレビドラマによる情報伝達……………	195
【3現（現地・現物・現人）】……………	58
【福島原発事故】……………	132
【事故・災害遺構】……………	158
【補足図】……………	201



## A. 危険学プロジェクト活動で得たもの

「はじめに」で、最初の 10 年間の「危険学プロジェクト」、次の 3 年間の「ポスト危険学プロジェクト」、都合 13 年間にわたるプロジェクト活動の趣旨や目的について述べた。

本編では、最初の 10 年間の「危険学プロジェクト活動」で得られた知見や知識、並びにそれらをどのように生かすか、危険にどう接するか、どう向き合うかなどについて考えたことを述べる。

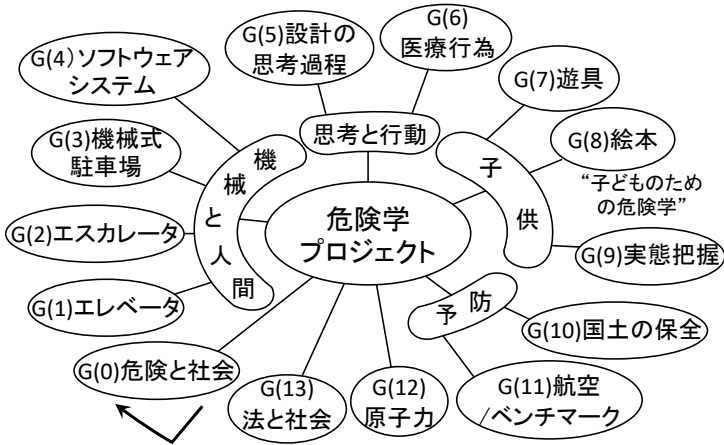
### A1. 危険学プロジェクト活動概要

危険学プロジェクトは、以下の 4 テーマで活動を始めた。

- ①人工物における危険の現況把握：実証実験による力学的現象および原因解明
- ②危険に対する人的要因の把握：組織構造の問題点及び思考過程の把握
- ③危険に関する知識の情報発信と社会的共有
- ④危険回避の試み

具体的活動は、全体集会、年度末報告会、個別グループ活動、対外発信、専門家を交えた議論などのほか、実機を使った事故の再現実験、3 現（現地・現物・現人）による現場実見を行っており、ここに危険学プロジェクト活動の最大の特徴がある。また、3 月末の年度末報告会は、筆者が 2004 年に私的に行った「ドアプロジェクト」のきっかけとなった「大型回転ドア事故」で亡くなった 6 歳男児の命日の前後の日曜日に、事故のあった東京六本木ヒルズ森タワーで行った。





図A1.1 バージョン I のテーマ

## A1.1 バージョン I

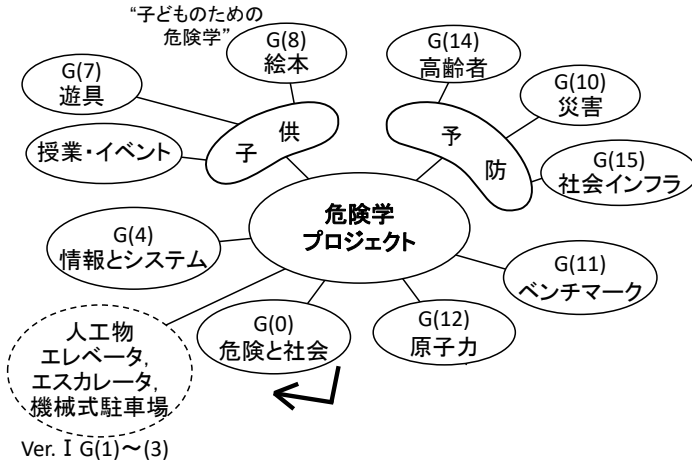
危険学プロジェクトは、バージョン I (2007～12 年度) とバージョン II (2013～17 年度) の 2 期に分けて行っている。それぞれについて、順に述べる。

図 A1.1 に、バージョン I の具体的プロジェクト活動を示す。

「機械と人間」「思考と行動」「子供」「予防」の 4 つの分野で、14 のグループに分かれて行った。

以下、4 つの分野とそれに属さないグループの研究対象を示す。

- ・「危険と社会/G(0)」：危険全般
- ・「機械と人間/G(1)～G(4)」：機械・システムに潜む危険
- ・「思考と行動/G(5)&(6)」：設計の思考過程と医療行為
- ・「子供/G(7)～G(9)」：G(7)&(8) は子どもの特性，G(9) は医療従事者や子どもの行動特性を情報の切り口から分析することを試みた。G(8) は、「絵本」の制作・配布から「子どものための危険学」に研究対象を拡大した。



図A1.2 バージョンⅡのテーマ

- ・「予防/G(10)&(11)」: G(10)は「津波」から「国土の保全」に研究対象を拡大，G(11)は「航空」でスタートしたが，航空，鉄道，自動車，化学プラント，原子力，医療，損保，司法，通信，センサ，マスコミ，事故被災者と業種を越えた活動となったため，テーマを「ベンチマーク」に改称した。
- ・G(12) : 原子力はそもそも危険なものなのに「原子力は安全」といっているのはおかしいと考え2009年度に追加。しかし，2011年に福島原発事故という残念な結果になってしまったことは，前述したとおりである。
- ・G(13) : リーダーが得られず，活動を断念した。

## A1.2 バージョンⅡ

バージョンⅡは，Ⅰの14グループを7つに絞り込んだ一方，G(14)「高齢者」，G(15)「社会インフラ」を新たに加えた。(図A1.2)。

G(4)は「ソフトウェアシステム」から「情報とシステム」に，G(10)は「国土

の保全」からさらに「災害」にテーマを改めた。

### A1.3 ポスト危険学プロジェクト

ポスト危険学プロジェクトは「成果の社会への伝達と実践」を目的に、以下の活動を行った。ただし、(1)④は時間がなく、断念した。

#### (1) 成果の社会への伝達

伝わらなければ意味がないと考え、以下の物の作成に取り組んだ。

- ① 危険学として得られた知見の全体を俯瞰できる本の製作
- ② 実験結果や実見を絵とことばで見ることのできるマンガの製作
- ③ 危険学の知見・知識の映像化
- ④ ①の英文版の製作（未完）

#### (2) 実践

「子供のための危険学」の普及を目的に、幼稚園、小学校、ろう学校などで「危険の体感と発見の授業」の出前授業を継続実施した。また、出版、新聞記事、学術誌投稿、テレビへの出演、ネットによる発信、講演など様々な手段で活動成果の発信を行った。

#### 【補足-A1.1 危険学プロジェクトに関連した筆者の活動】

筆者は2011年3月に東日本大震災と福島原発事故が起こった後、2011年6月から2012年9月まで東京電力福島原子力発電所における政府事故調査・検証委員会（政府事故調査委員会）委員長を務めた。その後、2012年10月から4年間、事故の再発防止及び従来の調査では行われていなかった消費者の視点からの調査を目指して活動する消費者庁の消費者安全調査委員会委員長を務めた。

本書は危険学プロジェクトの13年間の活動で得たものというタイトルであるが、その中には上記2つの筆者個人の活動で得られたものも含まれている。

## A2. 10年間の活動で得られた知見

### A2.1 実験で分かったこと

危険学プロジェクトでは再現実験を重視した。その目的は次の通りである。

- 着目すべき点を明らかにする
- 既存の問題点を明らかにする
- 事故の現象および発生する力を明らかにする
- 事故防止策の示唆を得る

危険学は事故や現象をなぜ、どのように起こるのかを頭で考えるだけでは不十分で、その考えが正しいかどうかを実験で確認しなければ、本当のことはわからないと考える。ただし、全く同じ状況を再現できるとは限らないため、そのときはモデル化した再現実験を行った。実験では、現象を把握するだけでなく、その時に発生するおよその力の把握も試みた。それによって、事故原因や事故防止策について考えることが可能になるからである。

#### A2.1.1 衝撃力と挟み力

バージョン I で行った人工物に関する主な再現実験を以下に示す。

エスカレータ：挟まれおよび転倒実験

エレベータおよび機械式駐車場：挟まれ実験

水中飛込み（頸椎損傷）実験

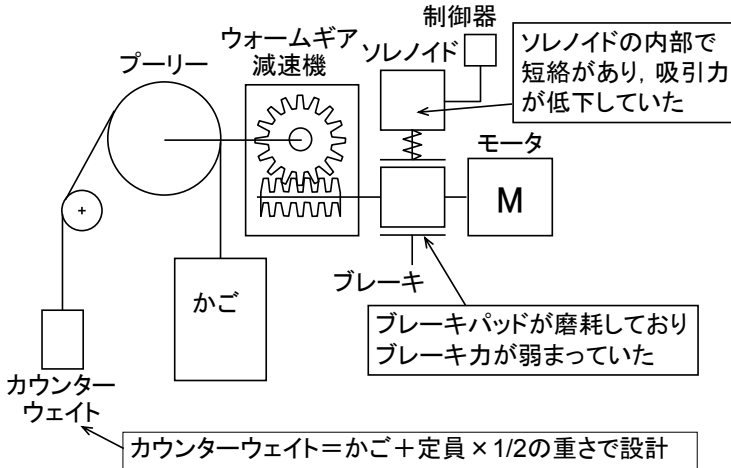
自転車：衝突実験および転倒実験

天窓：墜落実験，トランポリン遊び再現実験

老人：畳の上での転倒実験，ベッド・車椅子からの転落実験

##### (1) エレベータ挟まれ実験

2006年に東京都港区の高層住宅で高校生が自転車に乗ったまま後ろ向きに

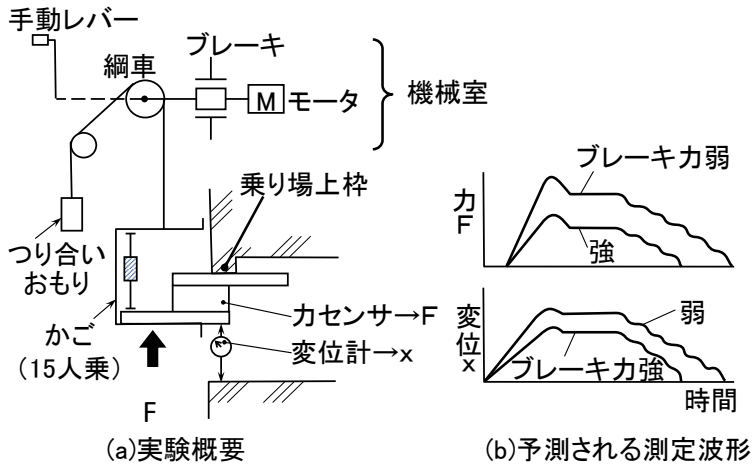


図A2.1 事故のあったエレベータの構造

降りようとしたときにかごが上昇して、エレベータのかごの床と建物の天井との間に挟まって亡くなった。かごの落下防止の安全装置は付いているが、かごの上昇が危険であるということは考えられておらず、かごの上昇防止の安全装置はついていなかった。事故のあったエレベータの構造と事故原因を図 A2.1 に示す。かごの反対側にあるカウンターウェイト（つり合い重り）は「かごの重さ+定員の 1/2」の重さになっている。かごに定員の 1/2 以下の人数が乗った状態でブレーキが故障すると、カウンターウェイトの方が重くなり、かごは上昇する。このような状況が十分想定されていないために事故が起こっている。

図 A2.2 はエレベータ事故定量化実験概要を示したものである。力センサ、人体や自転車をもした実験機材をかごの天井と床の間に挟んでかかる力を計測しところ、最大荷重は 6300N (630kgf) であった。

この実験と並行して、救出実験も行った。救出するには、人が挟まれている所にジャッキを入れて生存空間を確保すると同時に、ブレーキを外してモータの手動回転器具を使って綱車を逆に回さなければならない。カウンターウェ



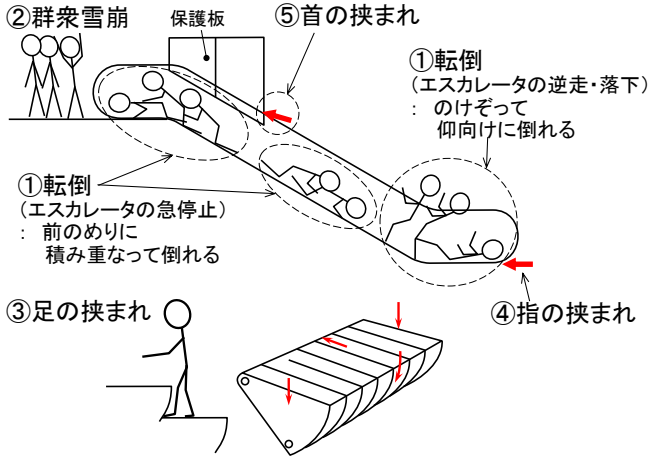
図A2.2 エレベータ事故定量化実験概要

イトは非常に重いので、綱車を回すのに2人、ジャッキの2人、合わせて4人が最低でも必要となる。事故が起こった時にどうすれば被害を最小にできるかというところまで考えて対策を打っておかなければならないことが分かる。

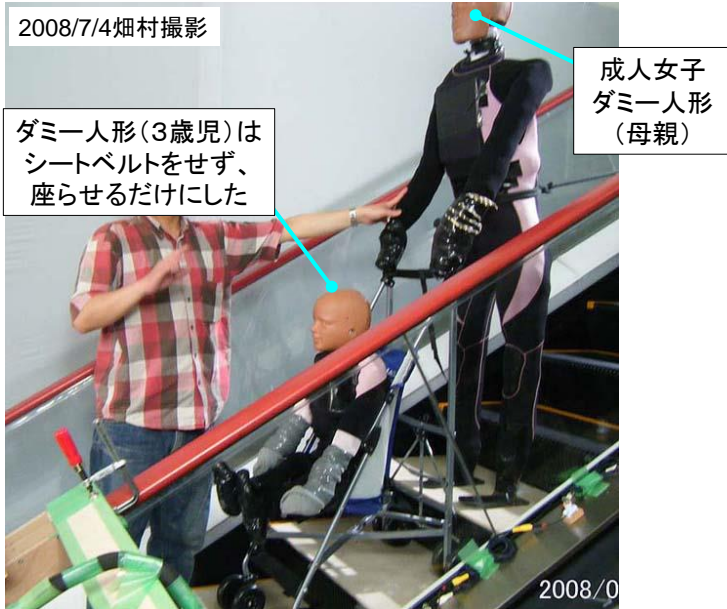
## (2) エスカレータ転倒実験

図 A2.3 はエスカレータで起こり得る事故（転倒事故，群衆雪崩，踏段の隙間に足や指を挟まれる事故，エスカレータ脇の保護板に首などを挟まれる事故等）を示す。

写真 A2.1 は下りエスカレータで子どもの乗ったベビーカーを母親が後ろから支えているという状況を想定して、エスカレータが急停止したらどうなるかという実験を行った時のものである。エスカレータが急停止すると、母親はベビーカーを両手で支え、手すりを持っていないため、急停止したときに体を支えることができない。子どもがベビーカーごと転倒し、母親もその上へのしかかるように転倒する。



図A2.3 エスカレータ事故の種類



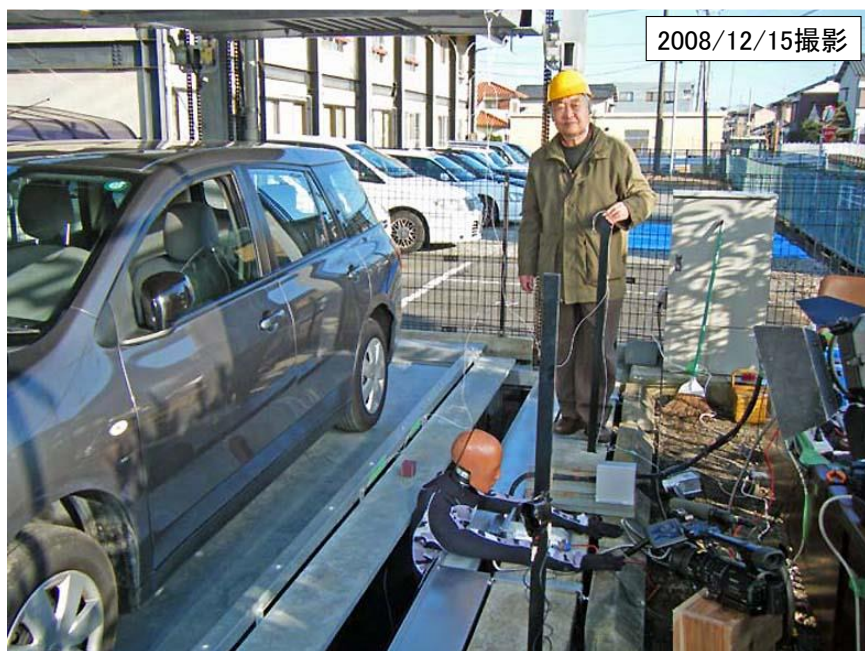
写真A2.1 下りエスカレータでのベビーカー転倒実験

子どもが転倒しただけの場合は子どもにかかる力は 3400N だったが、さらに母親がその上に倒れると、子どもに 4400N もの大きな力が加わる結果となった。手すりを持たずにエスカレータに乗ることがいかに危険であるかがわかる。

### (3) 機械式駐車場挟まれ実験

機械式駐車場のパレットはゆっくり動くので、簡単にすり抜けられると錯覚して挟まれる事故が起こっている。パレットは人や物を挟むと自動停止するが、人が胸の部分を挟まれた場合、胸の圧迫により窒息死する可能性がある。

写真 A2.2 は実機で行った横行パレットによる挟まれ実験の様子を示す。人の胸と同じ変形特性をもったダミー人形で実験したところ、挟まれ力は 5900N で、大人が窒息死する値の 2 倍もあることが分かった。



写真A2.2 横行パレットによる挟まれ実験



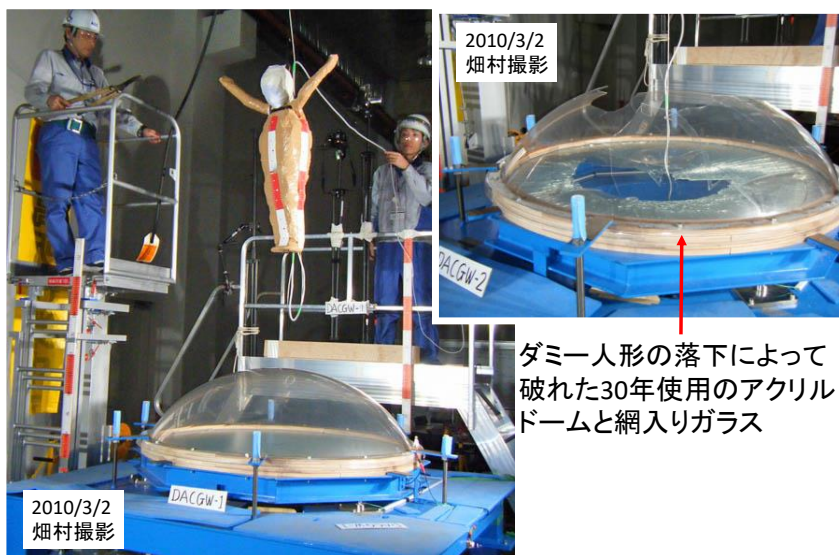
#### (4) 天窓墜落実験

2008年に東京都杉並第十小学校で屋上の天窓から男児が墜落して亡くなるという事故があり、その状況をモデル化して再現実験を行った（写真A2.3）。

実験には、事故のあったアクリル製天窓と大きさが同じで、JR松本駅で30年使用したものをを用いた。

実験の結果、アクリル製の天窓は非常にバネ力が強く、子供がその上でトランポリンのように跳ねて遊ぶことができることが分かった。一方80cmの高さから天窓にダミー人形を落とすと、アクリルドームが割れ、その下の網入りガラスも突き抜けて人形は下まで落下した。

事故のあった小学校の屋上には天窓が5つあったが、すべてに多くの足跡がついていたことから、子どもたちは天窓をトランポリンとみなして遊んでいたと思われる。亡くなった子どもは、運動神経が良いため高く跳躍でき、しかも体重があったため天窓を突き破り、墜落事故になったと推測される。



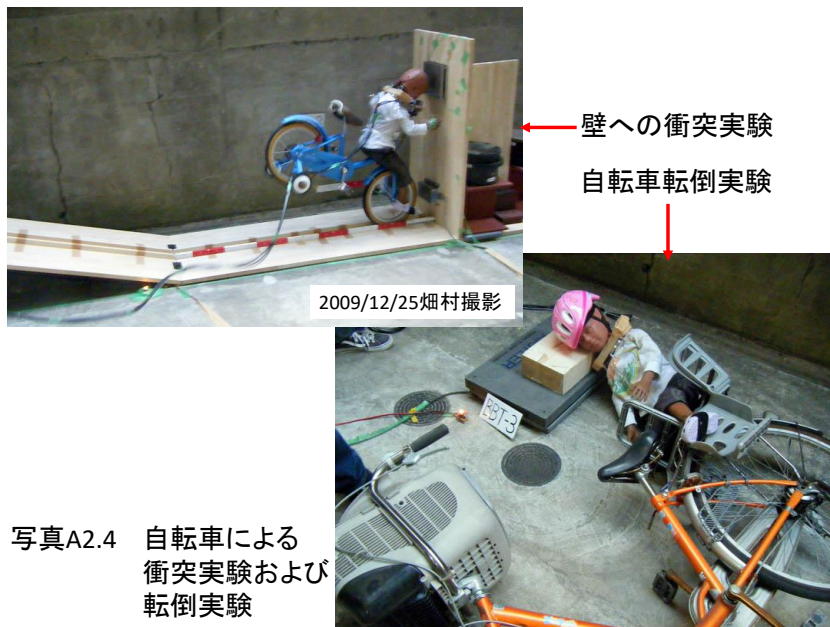
写真A2.3 ダミー人形を使った天窓墜落実験

筆者らは事故の瞬間を見ていたわけではないが、再現実験によってこのような事故のシナリオを考えることが可能になった。国などの公の機関がまとめた事故調査報告書には事実以外は書くことができないため、結局どのように事故が起こったかはあいまいなままになってしまうことが多い。しかし、危険学では、このように事故のシナリオを明らかにしてそれを伝えなければ再発防止はできないと考える。再発防止に資するのが再現実験を行う最大の意義である。

#### (5) 自転車衝突および転倒実験

写真 A2.4 は自転車の衝突及び転倒実験を行っている様子である。

上段は子どもが自転車で壁に衝突する実験で、下段は子どもを自転車の後部のチャイルドシートに座らせた状態で、親が自転車から離れたときに自転車が倒れたという状況を想定した実験である。それぞれ子どもの頭にどの程度の衝撃が加わるかを調べた。壁への衝突では 6600N、転倒では 13000N と、非常に大きな衝撃力がかかることが分かった。



## (6) 再現実験で分かったこと

危険学プロジェクトが行った一連の再現実験によって、どういう状況で何がどのように起こり得るか、事故の経緯や現象を把握することができることも、現象を定量的に把握することが可能になった。 主な実験結果を以下に示す。

- ・畳の上での転倒実験：頭を打つと、その衝撃力は 6500N にもなった。畳の上といえども、頭部に重大な損傷を受ける荷重である。
- ・自転車の壁への衝突実験：壁への衝突により頭が受ける衝撃力は 6600N にもなり、さらにその後の転倒で頭を地面に打ち付けると、脳が重大な損傷を受ける。
- ・自転車の老人への衝突実験：老人は回避動作が緩慢で転倒しやすく、転倒時に、頭に地面から 14000N もの生死にかかわるような衝撃を受ける。
- ・自転車の静止状態からの転倒実験：ヘルメットをしていても、後部チャイルドシートに乗車中の子どもが頭部に受ける衝撃力は 13000N にもなった。頭部を直撃すると、ヘルメットによる頭部の保護に限界があることがわかる。シートベルトは自転車から子どもが放り出されないようにする効果はあるが、転倒時には身体が自転車に固定されるため、自転車の重さが子供にかかり、かえって子供が大きな力を受けることになる。
- ・水中飛び込み実験：水面から頭が受ける力は飛び込む姿勢により大きく異なり、頸椎には全体としては曲げの力がかかる。また、圧縮力も引張力も非常に大きく、不用意に飛び込むと、頸椎損傷により植物人間になりかねない。
- ・天窓からの墜落実験：アクリルドーム自体の弾性が高いことに加え、網入りガラスとの組合せで空気バネになり、子どもが上で飛び跳ねるとトランポリンのようになる。30 年使用しても、アクリルドーム自体の経年劣化はあまりなく、ドーム下の網入りガラスは墜落物を止める効果はない。

(7) 実験結果への考察

- 危険を想定していないところで危険が発現する。
- 起った後で、想定しておけばよかったと後悔する。
- ゆっくり動く物は止められる、すり抜けられると錯覚して挟まれる。

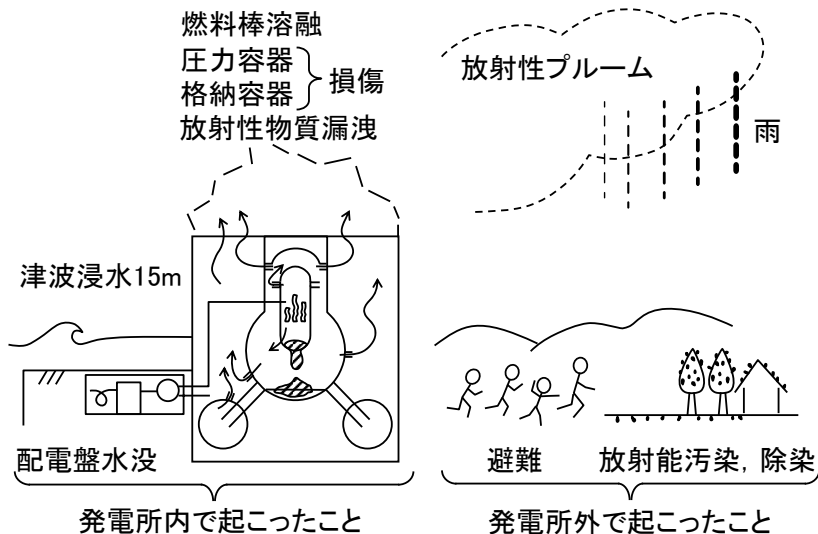
A2.1.2 除染実験

(1) 原発事故の真相

2011年に福島原発事故が起こった後、危険学プロジェクトでは、避難、放射性物質による汚染、除染、帰還などについて考えてきた。

図A2.4は福島原発事故で起こったことを描いたものである。事故当時は、発電所の中で何が起こったかに皆の注目が集まったが、本当に大変なのは発電所の外で起こったことだった。

原子力発電の最大の問題点の一つが、事故が起こることを想定しなかったた



図A2.4 福島原発事故で起こったこと

めに、事故後必要になることについて何も考えていなかったし、準備もしていなかったことである。 その結果、多くの人が長引く避難生活で苦しんだ。

また、福島原発事故を誤って理解している人が多い。 その一つが、水素爆発によって放射性物質が撒き散らされたという考え方で、もう一つは、非常用発電機が水没したから電源喪失したという考え方である。

実際の事故の経緯は、全電源喪失によって冷却不能となり、メルトダウンが起こり、水素爆発が起こったというものである。しかし、発電所外にまき散らされた放射性物質の多くは、水素爆発が起こらなかった2号機から放出されたものであり、電源喪失したのは配電盤が水没したからである。 実際、水没せず生き残った非常用発電機はあったが、配電盤が水没して使えなかったために給電することができなかつたのである。

## (2) 除染方法

事故後被災者が一日も早く帰還するためには、速やかに除染を終えることが必要である。ところが、国は汚染土等を取り除いて中間貯蔵施設で保管するという方針を定め、被災住民も自分たちの周囲から汚染物質が撤去されることを求めていた。しかし、そのようなやり方では除染廃土の受け入れ先が見つからず、除染がなかなか進まないことが次第に明らかになった。

そこで、危険学プロジェクトでは、“その場処理の深穴埋め”だけが実行可能な除染ではないかと考え、被災地域で実際に実験を行い、その結果を被災地域の人に伝えることを計画した。

写真 A2.5 は除染実験場のある福島県飯舘村比曾地区の2015年時点の状況である。地区中心部の水田には放射能汚染物質の詰まったフレコンバッグが山積みされていた。中間貯蔵施設が決まらないために、除染廃土を仮置き場と称してそこに保管しているのである。仮置き場さえ決まらないため、被災地のいたるところでこのような光景が見られた。それぞれの場所に汚染物質を埋設して処理することを考えていれば、このようなことにはならなかつたと考えられる。

“その場処理の深穴埋め”とは、汚染した表土を厚さ数 cm 剥ぎ取ってその

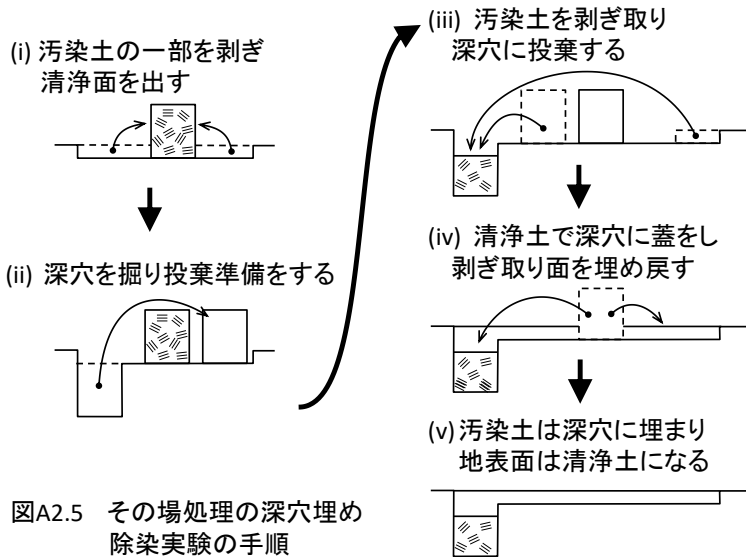


写真A2.5 危険学Pの除染実験場近くの比曾仮仮置場

場に深く掘った穴に投入し、最後に掘った穴から出た清浄土で穴に蓋をするというものである（図 A2.5）。この除染方法は国とは異なり、放射性物質を「集めなくてよい」、「運ばなくてよい」、「積まなくてよい」ため、安全で効率的である。地中に埋められたセシウム 137 を主とする放射性物質は、その性質から外に出てくることは全くなく、セシウム 137 の放射能は 30 年で半減し、100 年経てば 1/10 になる。すると、実際の汚染の区域は非常に狭い範囲に縮小される。そのことを実証しようと試みたのが、危険学プロジェクトが行った除染実験である。

### (3) 除染実験結果

写真 A2.6 は 2013 年 12 月に福島県飯舘村比曾地区で行っている除染実験の様子で、掘った穴の中に埋設汚染土の土中挙動調査と地下水採取用の塩ビ管を配置しているところである。写真 A2.7 は地上に出ている塩ビ管の地下水の採取口で、穴に埋めた汚染土の下から出てきた地下水を採取して測定し、セシウムの流出がないことを確認するためのものである。



図A2.5 その場処理の深穴埋め  
除染実験の手順



写真A2.6 その場処理の深穴埋め実験の様子





写真A2.7 除染実験地下水サンプル採取口

2016年11月19日の計測結果を以下に示す。

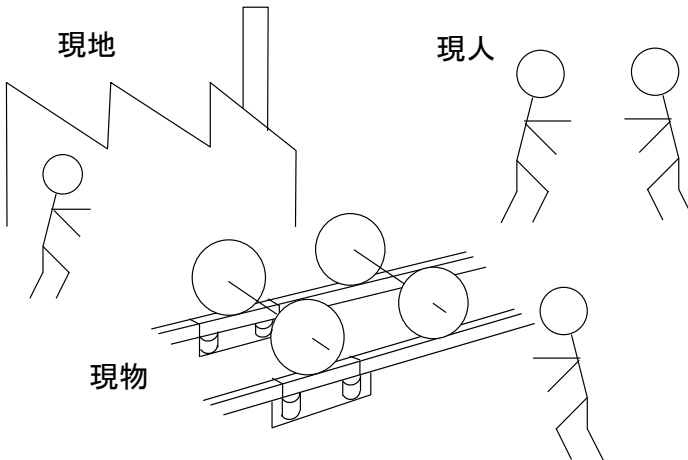
- ・埋設汚染土の土中挙動調査：線量が徐々に低下している。線量の分布は埋設汚染土厚さ方向のほぼ中央にピークがあり、線量は  $11.39 \mu\text{Sv/h}$  であった。汚染土の位置移動，ならびに地表面への放射線漏洩は認められなかった。
- ・埋設汚染土による地下水への影響：適度の厚さの被覆土により，汚染土壌を通過して採取された地下水に有意な放射能汚染は観測されなかった。

## A2.2 実見（調査）でわかったこと

図A2.6は“3現（現地・現物・現人）”の重要性を示したものである。その



## ☆ 3現：考えたことと現実との乖離を知る ただ一つの方法

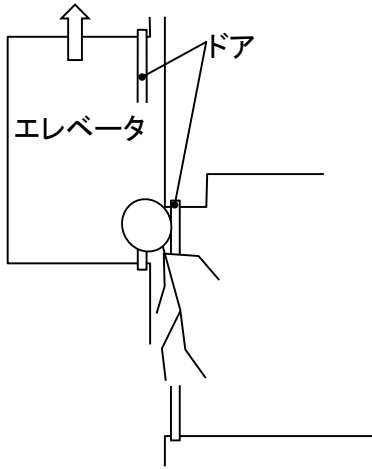


図A2.6 現場・現物・現人(げんにん)  
—“3現”を通じてのみ実情がわかる—

実情や真実を知るためには現場に行き、現物に触れ、当事者の話を聞くことが必須である。3現により、2000年に東京の地下鉄日比谷線で起こった車両同士の接触事故は、左右の輪重が違い過ぎて車輪が線路に乗り上げる“低速脱線”であったことが判明した。この例も含め、危険学プロジェクトでは、事故や災害を調査する上で3現を必須とした。

### A2.2.1 ヒューストンエレベータ事故

エレベータ挟まれ再現実験によく似た事故が2003年にアメリカのヒューストンで起こり、日本人医師が亡くなったことを知った。事故を調査するために事故の起こった病院を訪問したり、事故で亡くなった日本人医師の家族や関係者に話を聞いたりした。



## 事故概要

発生日時：2003年8月16日

場所：Christus St. Joseph Hospital  
in Houston, Texas

状況：医師（男性、35歳）がエレベータに乗り込もうとしたとき、エレベータドアが閉まって、医師がドアに挟まれた。

それにも拘らず、エレベータが上昇し、医師は頭部を一部切断され、死亡した。

事故原因：誤配線

実見：2009年8月27、28日

図A2.7 ヒューストンで起こったエレベータ事故

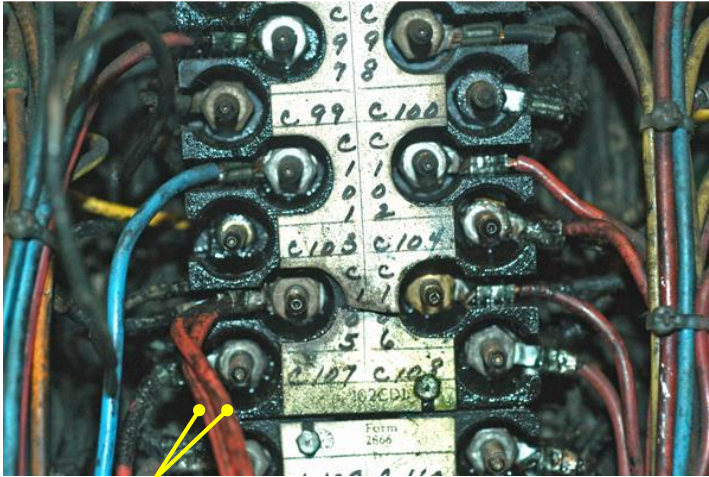
図 A2.7 は事故の概要を示したものである。医師がエレベータに乗ろうとしたときに突然ドアが閉まり、医師がドアに挟まれた。エレベータのかごは医師を挟んだまま上昇し、医師は頭部を損傷して亡くなった。

**事故の原因は、保守点検の際の誤配線だった。** 写真 A2.8 は被害者の家族の依頼を受けて事故調査に当たった人が撮影したものである。

日本で起こった事故と米国で起こった事故を比較すると、直接原因はそれぞれ異なるが、日米いずれの場合も、かごの反対側にカウンターウェイトがあって、かごとおもりの不釣り合いによって事故が起きている。

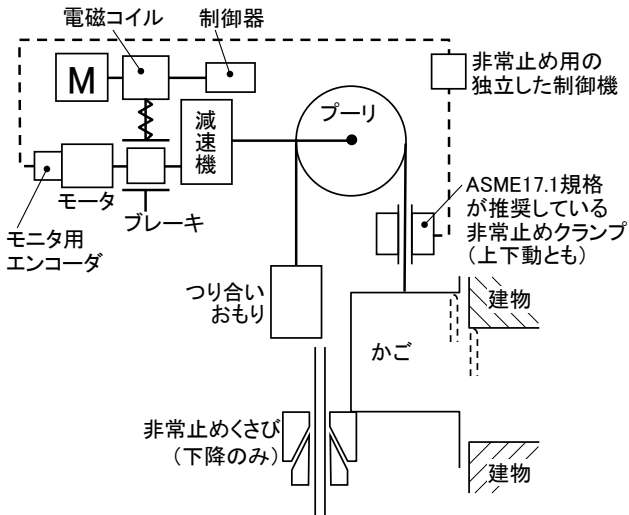
現在アメリカでは、図 A2.8 に示すように、ASME17.1 のエレベータの規格で、これまであった非常止めのほかに新たに非常止めクランプを追加することを推奨している。

ただ、国と州で考え方が違い、別の規格になっている場合があること、アメリカでは ASME (アメリカ機械学会と訳しているが、アメリカ“機械技術者協会”とするのが正しい) のエレベータ関係部門が基準を作っていることに注意を要する。また、アメリカと日本の事故の取り扱いには以下の違いがある。



“105”に接続された2本の線のうち1本は  
 “103”に接続されるべき線

写真A2.8 エレベータ事故機の誤接続された配線  
 (2003年の事故後、調査に当たったGoodson氏が撮影)



図A2.8 従来の非常止めと新規格の非常止めクランプ  
 (ASME17.1による)

- 米国と日本とでは責任の範囲の考えがまったく異なる

- <米国> 刑事責任の範囲が狭い。

- 後の始末はやりたければやれ。やれる奴がやればよい。

- <日本> 刑事責任の範囲が広い。

- 誰か悪者を作って一件落着とする。

- 再発防止のための原因究明はどちらも不十分

- <米国> 刑事事件にならなければ公的な原因究明は行われない。

- ただし職能集団の働きがある。

- <日本> 一部を除き、責任追及（刑事事件化）のための原因究明しか行われない。

- 業界団体と監督官庁はあるが職能集団はない。

アメリカは刑事責任の範囲が狭く、刑事事件にならなければ、公的な原因究明は行われない。そのため、事故の被害者や家族が自分で費用負担して調査を行うしかない。一方、日本は刑事責任の範囲がもっと広く、過失による事故でも刑事責任が問われる。そのため、日本では事故の原因究明を警察がきちんと行うと考えている人が多いが、事故の原因調査も、刑事責任追及のために行われる。

責任追及ではなく、事故の再発防止を目的とした原因究明や知識化が必要だし、それを行うこれまでの行政機関とは別の独立した公的な機関が必要である。

## A2.2.2 群衆雪崩

2001年7月に兵庫県で開催された花火大会に集まった群衆で混雑していた明石歩道橋で群衆雪崩が起こった。現地にも行ってみた。明石歩道橋事故の遺族が、弥彦神社の事故が皆に共有されていれば、あのような事故は起こらなかつたのにと残念がっていると聞いた。

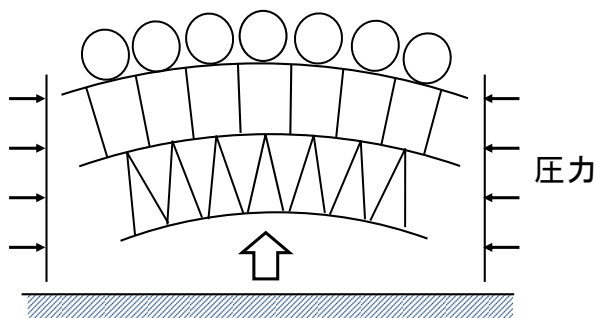
弥彦神社の事故とは、1956年に新潟県の弥彦神社の初詣で群衆雪崩事故が起こり、124人が亡くなったというものである。これについても3現を行い、



写真A2.9 弥彦神社群衆雪崩事故(1956年元旦)の現場

現地を見に行ったり（写真 A2.9）、当時群衆雪崩に巻き込まれた人の話を聞いたりした。しかし、神社にはかつてそのような大事故があったことを伝えるものは境内にはなく、事故の慰霊碑は境内から外れた場所に建立されていた。大きな事故や災害を事故が起こった現場で後世に伝えていく必要性を痛感した。

図 A2.9 に群衆雪崩の原理を示す。群集事故のメカニズムで最も重要なのは“迫持（せりもち）構造”である。人間の体は肩の方が大きく足の方は細いため、14 人/m<sup>2</sup>以上になって横からギュッと押されるとアーチ状に浮きあがる現象が起こる。こういう状態の時に何かの原因で力のバランスが崩れると、この固まりごとゴロンとひっくり返り、下敷きになった人たちが、犠牲になる。大きな力が加わって体が損傷を受けるだけでなく、胸のところを強く圧迫されると呼吸ができずに窒息死してしまうのである。



14人/m<sup>2</sup>になると起こる  
アーチ作用(迫持構造) : 足が浮く

群集事故:

5人/m<sup>2</sup> : 「危険」 将棋倒しの可能性

10人/m<sup>2</sup> : 「圧迫」 群集雪崩の危険

13~15人/m<sup>2</sup> : 「死亡」 死亡の可能性

## 図A2.9 群衆雪崩の原理

### A2.2.3 土石流

日本では地震、大雨等によって、山やがけが崩れ、土石流が頻繁に発生し、大きな被害が発生する。これについても岩手・宮城内陸地震被災地、大谷（おおや）崩れ、鳶（とんび）崩れ、立山カルデラ・黒部川上流域、稗田（ひえだ）山崩壊地、紀伊半島土砂災害被災地等、あちこちに調査に行った。地上調査だけでなく、ヘリコプタによる上空からの調査を行ったものもある。

土石流について持っていなければならないメカニズムなどの知識を示したものが図A2.10である。大小様々な大きさの石と砂や土が混ざり合った状態のところに、降雨などによって多量の水が加わると、石や砂の空隙に水が入り込み、粒子間に働いていた力が失われ、全体が流動体としての性質を持つようになる。



[土石流]



大石を小石が  
浮かせる

見かけ比重の  
大きな流体

[土石流が流動体となるメカニズム]

図A2.10 土石流のメカニズム

- ・山体が崩落した様々な大きさの岩の集合体に水が加わると全体が液状化し、高速で谷筋を流下する。
- ・巨岩の空隙を大石が埋め、大石の空隙を小石が埋め、小石の空隙を砂が埋め、砂の空隙を水が埋める。
- ・岩や石の比重は2.3~2.7、空間全体の比重は2近くになる。
- ・大きな重い岩も比重の大きな液体に支えられるので、動きがあると浮き上がる。
- ・比重の大きな流動体が斜面を下るので、たとえば200km/hというような超高速の流れとなる。

そして土石流となって、最大時速200kmという新幹線並みの速度で流れ下る。こうなると止めることは全く無理である。この土石流は大きな石さえも浮き上がらせて運ぶ。土石流で運ばれた何百トンという大石をあちこちで見ることができるが、どれも角が取れて丸くなっている。

写真 A2. 10 は 2008 年に発生した岩手・宮城内陸地震の後、ヘリコプタで現地視察を行った際撮影したものである。栗駒山山頂付近で大規模崩壊が発生し、土砂は土石流となって下流の「駒の湯温泉」を襲い、7名の犠牲者が出た。写真から、土石流がボブスレーのスラロームのように蛇行して、曲り部で対岸に乗り上げながら流下したことがわかる。

大雨や地震などで、山の斜面が大規模に崩れてしまう“深層崩壊”があちこちで発生している。写真 A2. 11 は岩手・宮城内陸地震被害のヘリコプタによる視察の際に撮影したもので、荒砥沢（あらとざわ）の大規模な地滑りである。このような深層崩壊の可能性のある場所は国が調査し、調査結果を公表している。

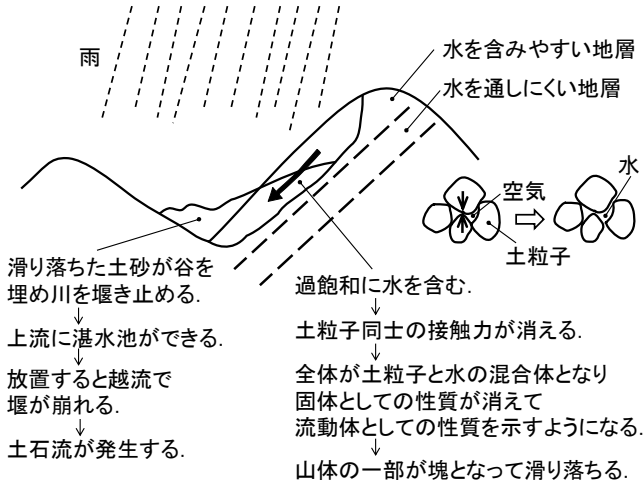


写真A2.10 駒の湯を襲った土石流



写真A2.11 荒砥沢の大規模地すべり





図A2.11 深層崩壊と天然ダム・土石流発生メカニズム

地滑りで実際に起こる現象は、地盤の不透水層の上にある透水層が、大雨などによって水を多量に含んで流動化し、滑り落ちてしまうのである。滑り落ちた土砂が谷を埋めて川を堰き止めると、上流側に湛水池（たんすいち）ができる。それを放置すると水が堰を越流して堰を崩し、土石流が発生する可能性がある。それを示したのが図 A2.11 である。

#### A2.2.4 衝突による面圧

2011 年の東日本大震災の津波と紀伊半島の土石流、1986 年の余部（あまるべ）鉄橋事故の風況などの実見後、水や土石流の衝突による面圧を考えてみた。空気については、アメリカの竜巻を例に考えた（図 A2.12）。

その際、空気、水、土石流のいずれでも、壁に作用する圧力  $P$  は速度の二乗ということだけを考えると、それが何かにぶつかった時にどの程度の力が発生するかを概算したものである。本来はそれぞれの比重が違うため、ベルヌーイの定理を考えに入れる必要があるが、ここではあえてそれを考えなかった。

空気 ( $\rho=1\text{kg/m}^3$ ),  $v=90\text{m/s}$ (アメリカの竜巻の例)とすると,  
 $p=\rho v^2=90^2\text{kgm/s}^2/\text{m}^2=8100\text{kgm/s}^2/\text{m}^2=0.8\text{tonf/m}^2$

→ 通常の建物の壁では対抗不能

水 ( $\rho=10^3\text{kg/m}^3$ ),  $v=30\text{m/s}$ (両石湾の津波の推測)とすると,  
 $p=10^3 \times 30^2\text{kgm/s}^2/\text{m}^2=900 \times 10^3\text{kgm/s}^2/\text{m}^2=90\text{tonf/m}^2$

→ どんな強固な土木構造物でも大抵は対抗不能

土石流 ( $\rho=2 \times 10^3\text{kg/m}^3$ )

$v=30\text{m/s}$  (駒の湯のスラロームの推測)とすると  $p=180\text{tonf/m}^2$

$v=45\text{m/s}$  (駒の湯のスラロームの推測)とすると  $p=400\text{tonf/m}^2$

→ 何をやっても対抗不能

## 図A2.12 速度・落下高さとの関係

### (1) 空気

空気は  $1\text{m}^3$  当たりおよそ  $1\text{kg}$  なので、最大風速  $90\text{m/sec}$  といわれるアメリカの竜巻の例で見ると、風が建物の壁に当たった時に  $1\text{m}^2$  当たり  $0.8$  トンの力がかかることになる。アメリカでは、竜巻が非常に恐れられているが、それは竜巻の力があまりに大きく、地上にあるもの全てを吹き飛ばしてしまうからである。これに対抗するには地下にシェルタを作って避難する以外ないと地下室を作っている人も多いと聞く。

明石大橋は最大風速  $80\text{m/sec}$  を想定して設計している。  $90\text{m/sec}$  の風が吹いても余裕を見ているから問題ないと思うが、温暖化により気象が変化し、日本でももっと大きな最大瞬間風速を考えなければならなくなるかもしれない。

### (2) 水

水の場合は、  $1\text{m}^3$  当たり  $1\text{t}$  なので、  $30\text{m/s}$  で流れる水が何かに当たると、  $1\text{m}^2$  当たり  $90$  トンの力が加わることになる。東日本大震災の津波による岩手県釜石市両石湾防潮堤の破壊を見ると、洗掘に加え、コンクリートブロックにも凄いの力がかかったことがわかる (写真 A2.12)。



写真A2.12 両石湾奥の防潮堤  
～高さ12mの防潮堤が破壊されていた～

### 【補足-A2.1 黒い津波】

東日本大震災で、三陸の港湾に押し寄せた津波の第1波は通常の透明な海水であったが、第2波以降は海底のヘドロを随伴していて、真っ黒なものに変わっていた。このヘドロにはミクロン単位の細かい粒子、油や重金属が含まれていたため、通常の海水より密度、粘性も大きくなった。そのため、波が重なりやすくなって波高が高くなり、津波の衝撃力が増していたと考えられている。その上、黒い津波を飲み込むと窒息死しやすく、生き残っても、肺胞に細かいヘドロ粒子が付着・残留して津波肺となり、肺炎で長く苦しむという調査結果も発表されている。

### (3) 土石

土石流の場合はもっと大きな力が発生する。たとえば、駒の湯を襲った土石流の場合、30m/sで流下したと考ええると、衝突時の面圧は1m<sup>2</sup>当たり180トン

となる。こんな大きな力がかかれば何をやっても対抗することはできない。

大事なことは、ただ3現をするだけでなく、その際に見聞したことを元に、概算でよいから、物事を定量的に考えてみることである。

## A2.3 医療従事者の行動と思考

実際の医療現場にどのような危険が存在するのか知るため、医療現場における医療従事者の行動を観察、分析し、医療ミスにつながる行動と思考の関連について以下のような調査研究をした。

### (1) 医療模擬実験

実際の手術現場や診察現場で得られた生情報を分析することが望ましいが、プライバシーの問題があってできないため、模擬手術室で医師や看護師など手術スタッフにアイモーションキャプチャーとハンドカメラを装着してもらい、実際の心臓外科手術の手順に従って、一連の手術動作をしてもらった。また、病院調剤室でも、薬剤を棚から取り出す作業で、同じようにカメラで動作を記録し、音声、映像などの解析に、被験者からのコメントなどを関連付けて分析を進めた。ただ、手法がプロジェクト活動としては大掛かり過ぎるため、人間工学的要因などいくつかの知見が得られたところで中止した。

### (2) 投薬ミス

投薬ミスの原因調査のため、複数の病院で、入院患者用の薬のコンピュータを使った在庫管理システムの調査や調剤室における内服薬の手作業による仕分け作業を観察した。データの整理・分析、仕分け作業のスペースやダブルチェック法に、ものづくりの現場と共通の問題点が数多く見受けられた。

### (3) シンポジウム・セミナー活動など

上記活動とは別に、2008年3月に「危険学から見た医療安全プロジェクトシンポジウム」を開催し、心臓外科手術で実際に起こった人工心肺のチューブ付

け替えミスなどVTRで提示された5事例を題材に、筆者らの他、医療業界および各界の専門家によるパネルディスカッションを行った。人工心肺のチューブ付け替えミスについては、医師の患者への侵襲をできるだけ小さくしたいという思いの強さが、なるべく手術時間を短くしたい、チューブに入る血液量を少なくしたいなど医師が何かの「気」に囲まれ、精神的に追い込まれた状態で手術に臨んでいるところに原因の一つがあるように思える。

そのほか、リスク&クライシスコミュニケーションセミナーの試行、電子カルテの研究や昭和大学病院従事者に対する危険学独自の3日間短期研修の試みも行った。これらの活動から、医療は特別という医療従事者の意識の壁が最大の問題のように思えた。

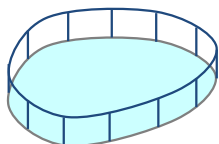
## A2.4 危険を知っている子どもを作る

子どもが事故にあったり怪我をしたりすることがない環境で育つと、危険を察知してそれを避ける力が育たないことが危惧される (図 A2.13)。そこで、危険学プロジェクトでは子どもに関する次のような活動を行った。

### A2.4.1 3種類の遊具製作

日本の公園から遊動円木、箱型ブランコ、回旋塔の3種類の動く遊具が次々に消えて“絶滅三種”といわれているという話を聞き、それら3種類の遊具を危険学的視点から、設計・製作しようと試みた。これら3種の遊具はどれも動く遊具で、子どもたちにとっても好まれるものであるが、これまでに多くの事故が発生していて「危ない遊具」に分類され、公園からほとんどが撤去されている。事故は、管理が悪いために起こるものと管理が十分であっても起こるものとに大別され、それらを区別して扱わなければならないはずであるが、事故が起これば一律に危険な遊具として撤去されてしまうのである。

危険を感知できる子どもを作る。  
自分の身は自分で守るしかないと知る。  
危険を知らないまま育つのが最も危険  
子ども時代の経験が鍵(危険の体感・実感)



池の周りに柵がなければいけない？



栗・柿の枝は折れる

図A2.13 危険を感知できる子どもを作る

そのこと自体おかしいが、子どもの遊具に大事なことは、擦り傷や骨折程度の事故は起こり得るが重大事故が発生しない、いわば“適度な危なさ”が必要ではないかということである。

そこでまず考えたのは、リンク機構による遊動円木である (写真 A2.13)。



写真A2.13 リンク機構による遊動円木

通常の丸太を綱で吊る遊動円木と異なり、支柱をなくし、リンク機構を使ったため、試乗した子供たちはとても喜んでくれた。通常の遊動円木は単純な動きしかしないが、リンク機構を採用したことにより一番端のところではキュッと上がるという、今までにないような動きをするからである。

写真A2.14は箱型ブランコを元に考えたリング形ブランコである。

写真A2.15は回転ホッピングシーソーである。片側に大人、その反対側に子供が乗り、シーソーのように上下しながら、シーソー全体が地上に鉛直に立った中心軸の周りを回転する。すると、子どもが宇宙遊泳をしているような気分を味わうことができるというものである。

これら3種の遊具は、いずれも長野県木祖村に寄贈した。



写真A2.14 リング形ブランコ



写真A2.15 回転ホッピングシーソー

#### A2.4.2 冊子・絵本・CDの製作と配布

全国の13,000以上の幼稚園に「子どものための危険学」セットを配布した。

図A2.14はセットに含まれるもので、「あぶない! きけん!」という読み聞かせ絵本, 「子どものための危険学」という保護者向けの冊子, 「デンジャラスたんけんたい」という歌のCDの3種類である。

絵本や冊子には、**どういう所があぶないかを示すだけでなく、実際に危険が発現すると何が起こるかを示すことが大事ではないかと考えて、痛くて泣いている子どもや、死んでしまった子どもを親が抱いて悲しんでいるような絵も入れた。そこまで必要ないという意見もあったが、そういうことを避けて通ろうとする考え方が間違っているのではないか、と考えた**からである。また、「デンジャラスたんけんたい」という歌を作詞・作曲してもらってCDを制作したが、さらに子どもに覚えてもらいやすいように、幼稚園の先生方に踊りの振りを考えてもらっている。

#### A2.4.3 出前授業

「危険の体感と発見」というテーマで東京都内の小学校への出前授業(主に土曜に実施するので、以降「土曜授業」と称す)を年に7~8回行ってきた。



図A2.14 「子どものための危険学」セット内容





写真A2.16 土曜授業「身の回りの危険に気づこう！」

写真 A2.16 は土曜授業を実施している様子で、ドアに油粘土で作った手を挟んで、ドアの危険を皆に体感させているところである。

## A3. 10年間の活動で得られた知識

### A3.1 どこにどのような危険があるか

様々な視点から、どこにどのような危険があるかを考えてみた。

- ・物理的側面：高温、高圧、高速、高位置、高電力などエネルギー密度の高いもの（例：地震、津波、原子力発電、火力発電）
- ・人工物：人間の理解と機械の守備範囲の隙間  
本質安全の欠如と制御安全への過度の依存
- ・人間特性：想定漏れ、記憶の衰退
- ・組織特性：隙間組織、過度のマニュアル化、局所最適・全体最悪、  
形式化・形骸化
- ・危険要素の組み合わせ：多重災害、複合災害

### A3.1.1 危険要素の組み合わせ

多重災害や複合災害など、危険要素の組み合わせは非常に大きな被害を生じる可能性がある。たとえば、2011年の東日本大震災と福島原発事故によって、多くの人が避難生活を強いられた。また、東京で大地震が起こると、江東区周辺の地盤の低いところ（最大約マイナス4m）を囲んでいる堤防が液状化によって崩れる可能性があり、破堤して浸水すると地域一帯が大きな池のようになり、長期間水が滞留することが懸念されている（補足-D1.3）

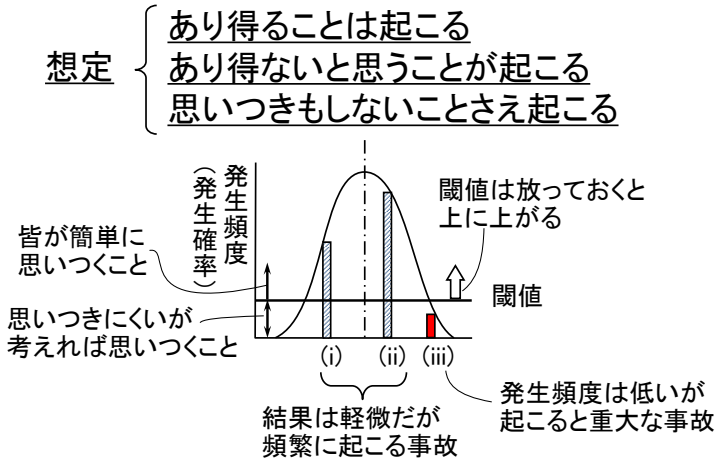
一方、危険要素の組合せは、事象が時間的に連続して起こるだけではなく、ある程度の時間差を持って起こる場合もある。たとえば、地震で堤防が崩れ、復旧工事が終わらないまま台風で浸水被害を受けるということもある。

### A3.1.2 危険の特性

人は頻繁に起こっていることにだけ注意が集中し、そのようなことには丁寧に対応しようとするが、めったに起こらないことについては考えから外してしまいがちである。しかし、めったに起こらないことでも重大な結果を招くような事柄は、“あり得ることは起こる”と考えて、対策を講じる必要がある（図A3.1）。

その後、筆者は福島原発事故の調査に関わり、“あり得ないと思うことも起こる”と考えなければならないことを知った。政府事故調査・検証委員会が国際専門家を招いて開催したミーティングで、フランス原子力安全庁長官のAndre-Claude Lacoste氏は“思いつきもしないことも起こる”と考えなければならないと発言した。発生頻度は低いけれども起こると重大な結果に至る事故を考えて対策しなければならないのである。

図A3.1は元々2004年に東京六本木ヒルズで起きた回転ドア事故を考えて作成したものであるが、実は同様の事故が30年前に新宿で起こっていた。そのときには死者が出なかったため、本質安全な回転ドアを考えることを誰もしな



図A3.1 あり得ることは起こる

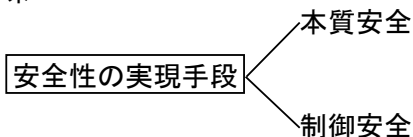
かった．そして、子どもが亡くなる事故が起きてしまった．その後回転ドアは危険なものとの烙印が押され、日本では激減してしまった．

## A3.2 人工物に関わる危険の特性

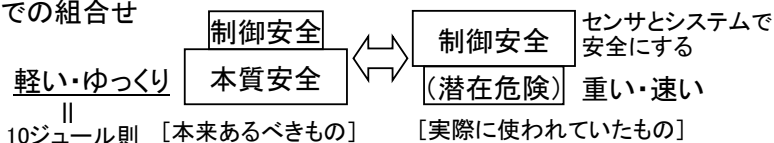
人工物やシステムには以下のことを考慮し、設計する必要がある．

- 人間の理解と機械の守備範囲の隙間に危険が潜む．
- 制御安全に過度に依存することで潜在危険が顕在化する．
- 本質安全を実現するには、まずくなった時のことを考え、対応策を予め作り込む必要がある．
- 機械は本質的に危険であることを意識する．
- ドアプロジェクト（2004年に実施）で判明した暗黙知としての「10ジュール則」（後述）の存在を認める．

(a) 意味



(b) 1つのシステム  
での組合せ



図A3.2 本質安全と制御安全の取り違い

### A3.2.1 本質安全と制御安全

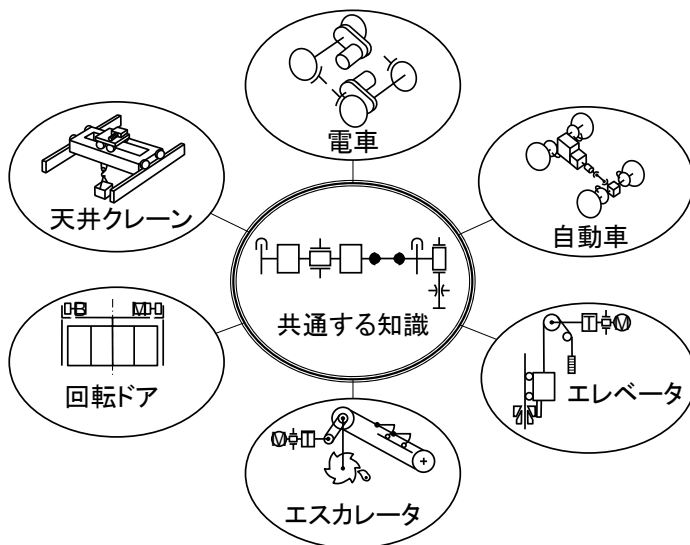
機械やシステムの安全性の実現手段として、“本質安全”と“制御安全”がある(図A3.2)。機械やシステム自体を本質的に安全なものにした上で、制御によってさらに安全性を高めたり使い易くしたりするというのが本来あるべき考え方である。

ところが、危険が潜在したまま、センサとシステムによる制御で安全を確保しようとしている場合が多く見受けられる。これはとても危険で、潜在危険を残したまま制御で安全性を確保しようとしても、本当に安全なものにはならない。たとえば、ドアの場合“10ジュール則”という暗黙知がある。ドアの移動質量のエネルギーがその値を超えると重大な事故になる可能性があるため、それ以下に抑えるように設計するというものである。

この“10ジュール則”に見合った装置の実現が、ドアの本質安全化である。

### A3.2.2 ブレーキ知識の共有

電車、自動車、エレベータ、エスカレータ、回転ドア、天井クレーンなど様々なブレーキの構成と技術の来歴を調査し、次のことが明らかになった(図A3.3)。



図A3.3 ブレーキの関係する構造体

- ・ ブレーキは分野ごとに発達し、異なる分野間で知識が共有されていない。
- ・ 根元のブレーキと末端のブレーキが混在し、想定の間隙で事故が起る。

上述のようにブレーキには末端、あるいは根元で止めるもの、ポジティブ・ネガティブブレーキなど様々である。電車はより安全にするためにネガティブブレーキになっていて、走行時だけブレーキを解除し、何かトラブルがあったらブレーキがかかるという構造になっている。

調査の結果、製品分野間で知識の共有が全くできていないということがわかった。たとえば、天井クレーンと電車はレールの上を車輪が走るという同じ構造なのに、ブレーキの構造が全く異なる。新潟県柏崎刈羽原発が2007年の新潟県中越沖地震で受けた大きな被害の一つが、天井クレーンの破損である。揺れによって末端から入力された外力が駆動軸を伝わって駆動源に取り付けられているブレーキに大きな力がかかり、力を伝えるユニバーサルジョイントのピンが折れたのである。鉄道で発達してきたブレーキの思想が天井クレーンに

取り入れられていれば、このような破損は起こらなかったと考えられる。

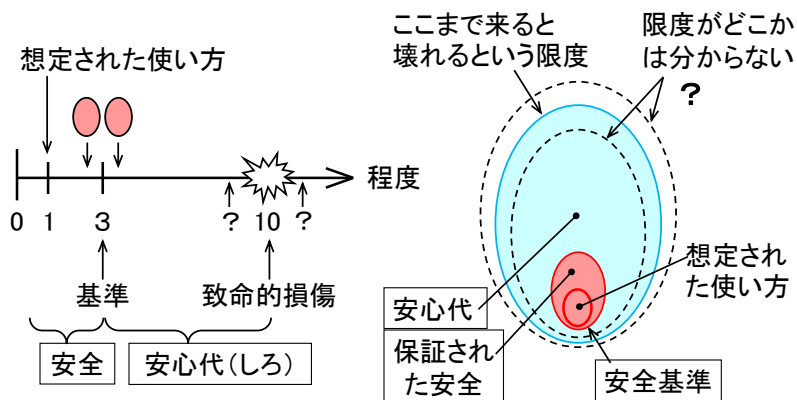
ただ残念ながら、事故後の対策でもこのような知見は採り入れられていない。

### A3.2.3 安全率

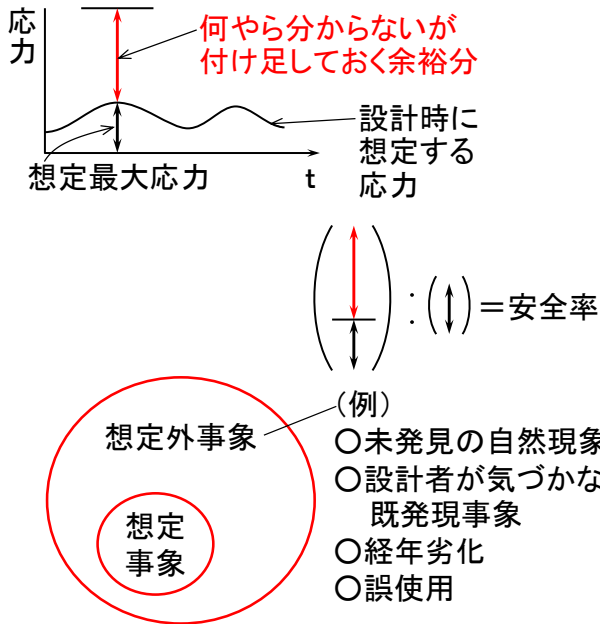
安全とは何か、安心とは何かを考えてみた。ある物の想定された使い方を“1”だとすると、それを作るときは余裕を見て“3”くらいまで大丈夫なように設計するよう、基準や規格で義務付けられている場合が多い。この“3”のことを安全率という。しかし、物が壊れる（致命的損傷を受ける）のは、もっと大きな力がかかったときである。

その致命的損傷と安全との関係を描いてみると、図のようになる(図 A3.4)。想定された使い方が“1”だとすると、“3”までは安全の基準で保証されており、その先がいわば“安心代(あんしんしろ)”といえよう。

安全率とは、設計時に想定する最大の力に余裕分を付け足し、「想定される最大応力+余裕分」を想定最大応力で割ったものである(図 A3.5)。なぜ安全率というものがあるかという、想定外事象、すなわち未発見の自然現象、設



図A3.4 安全とは何か？ 安心とは何か？



図A3.5 安全率

計者が気付いていない既発事象，経年劣化，誤使用などを考えているからである。

実際の安全率をみる。ほとんどの機械や構造物の安全率は“3”であるが，過去に大事故を起こし，危険性が高いと考えられているものはもっと大きい安全率になっている。その1つがボイラで安全率は“3.5”である。ダムは過去にフランスで約400人が亡くなるという大事故があり，ひとたび事故が起これば大きな被害が予想されるため，安全率は“4”である。一方，自動車や航空機は“1.05”である。原子力の安全率（裕度）は“3”となっている。しかし，福島原発事故が起こってみると，これでは不十分で，“5”程度まで上げるべきではないかと思う。

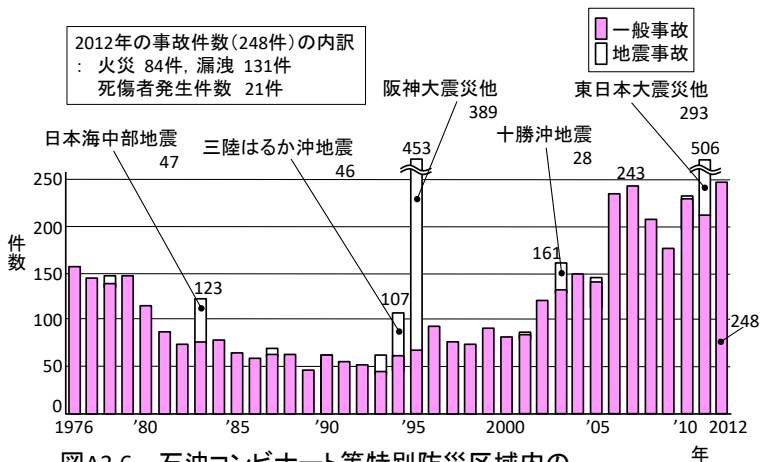
### A3.2.4 重大事故の発生原因

図 A3.6 は石油コンビナート等特別防災区域で起こっている事故発生件数の推移のグラフである。1985 年頃まで減少していた事故件数が、2000 年頃から増加している。

なぜこういうことが起こっているかを考え、図 A3.7 に現在起こっている事故の分析結果を示す。

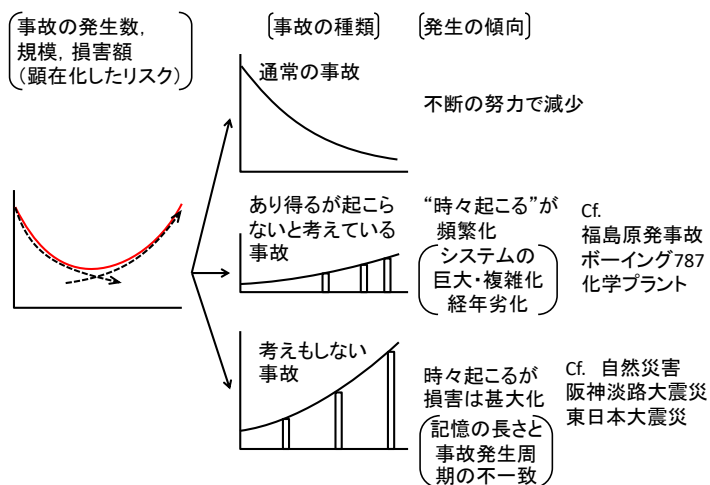
現在起こっている事故を画一的に捉えることは無理で、減少していく種類の事故と増加していくものに分けて考える必要がある。 減少しているのはヒューマンエラー等の通常の事故で、これは日々の努力によって減少したと考えられる。

一方、増加している事故は2種類に分けて考える必要がある。まず一つは、システムが巨大化・複雑化していることと、経年劣化が原因で起こっている。もう一つは、人間の記憶保持の期間と事故の発生周期との不一致に原因があると考えられる。要するに、30年経つと人や組織の記憶が失われるという状況が背景にあるという分析が必要である。



図A3.6 石油コンビナート等特別防災区域内の特定事業所において発生した事故発生件数の推移  
(出典:2013/5/30総務省消防庁報道資料)





図A3.7 現在起っている事故の種類とその発生の傾向

### A3.3 危険に対する人的要因

プロジェクトの活動を通じて見えてきた人間の特性と危険との関係、および人間と機械と危険との関係をまとめると次のようになる。

#### 人間の特性

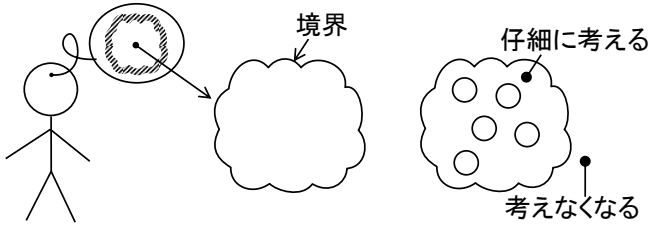
- ・ 人は経験した範囲でしか考えない。
- ・ 危険（危なさ）を自分の問題とは思わない。  
見たくないものは見えない，考えたくないことは考えない。

#### 人間と機械の関係

- ・ 人間と機械の分担領域の変化。
- ・ “機械は安全なはず” という思い込み。
- ・ 想定漏れで大事故が起こる。

## 想定とは何か

考えを作るためには考える範囲を決めることが必要である



境界を作るためには**制約条件を仮定**しなければならない

||  
**想定**

図A3.8 人間は範囲(境界)を決めないと考えられない

### A3.3.1 想定と想定外

東日本大震災や福島原発事故の際、「想定外」という言葉が多用されたが、「想定外」という言葉は「想定外だからしかたがない、私のせいじゃない」という言い訳に聞こえる。そこで、「想定」とは何かを考えてみた(図A3.8)。

考えを作るためには考える範囲を決めなければならない。そうしなければ考えをまとめることができないからであるが、一旦範囲を決めると、その中については仔細に考えるが、範囲の外側のことは考えなくなる。

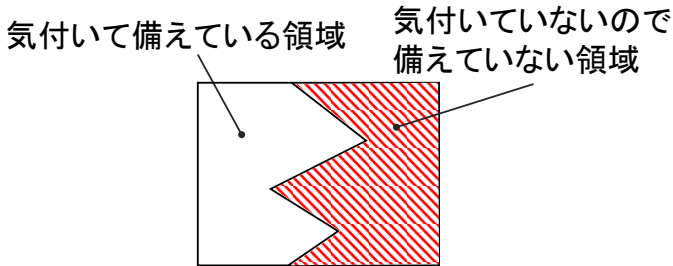
考えなくなるだけならまだよいが、考えなくてもよいことにしたり、そもそもないことにしてしまったりするため、想定外のことが起こると被害が大きくなりがちである。

### A3.3.2 考え残し

危険学プロジェクトで得た知識として最も重要な考えの一つが「考え残し」である(図A3.9)。

どんなに考えても考え残しや、気が付かない領域が残り、絶対安全はあり

- 考えても気付かない領域が残る.
- 全てを考え尽くしたと思うのは傲慢である.
- 絶対安全はあり得ない. 危険を認める.



図A3.9 どんなに考えても気づかない領域が残る

得ないこと、すなわち事故が起こり得ることを認めない限り、事故が起こった時の対応を真摯に考えることはできない。 原子力分野が「事故は起こらない、原子力は安全である」といういたために、事故が起こった後の対応が十分準備されていなかったことに端的に表れている。

### A3.4 危険に関わる社会特性

危険にかかわる社会特性として、「絶対安全の希求」と「既存不適格」がある。

上述したように、絶対安全を希求し、危険の存在を認めない社会においては、事故が起こり得ることを公言して対策を打つことが困難である。 また、現在我が国では“既存不適格”が放置されている。社会の変化や技術の進歩とともに過去の基準等が不十分であることがわかったり、不適切であったり、現在の使用方法に合わなかったりすることが分かってきて新たな基準等が設けられても、過去に建設・設置されたものには適用されない。

しかし、それでは、安全を実現することは到底できない。必要に応じて“変

える”ことが重要である。具体的には、新たな安全基準が策定された場合、ある猶予期間を設けて既存設備にもその基準の適用を義務付け、場合によっては金銭的補助を行うことなどが考えられる。

## A3.5 自然災害

自然災害について、危険学で得た重要な知識は次のとおりである。

- 軽微なものなら災害を防ぐことができる → 防災
- 巨大なものは被害が小さくなる工夫をするしかない → 減災（縮災）
- 過去の成功体験は継承されるが、災害記憶は減衰・消滅する → 人は逃げない

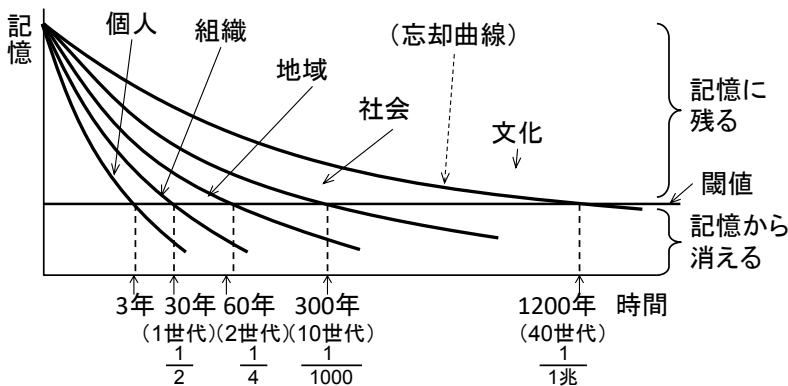
### A3.5.1 人間の記憶と時間の関係

人間は自分の経験した範囲でしかものを考えない（図 A3.10）。

このことは、大きな自然災害の時に顕著に表れる。大きな自然災害は、発生頻度が低く、発生の間隔が長いいため、災害の記憶が失われてしまうからである。

個人の記憶は失敗経験であれ何であれ、3年も経つと消えてしまう。組織の経験も30年経つと世代交代によって消えてしまい、同じような事故が再発したりする。地域の記憶は60年で消える。たとえば、1947年のカスリーン台風で東京は大きな被害を受けたが、そのようなことはすべて忘れられて、当時多くの人が亡くなった地域にまた人が大勢住んでいる。その対策として計画された八ッ場（やんば）ダムも必要ないと一時工事が中断したこともあった。

地域の記憶は300年で消えてしまう。たとえば、徳川家康が江戸湾に流れ込んでいた利根川を付け替え工事によって、銚子に流路を変更した。これを“利根川の東遷”というが、そのお陰で東京の洪水の危険がだいぶ減ったにもかかわらず、このことを知っている人は非常に少ない。

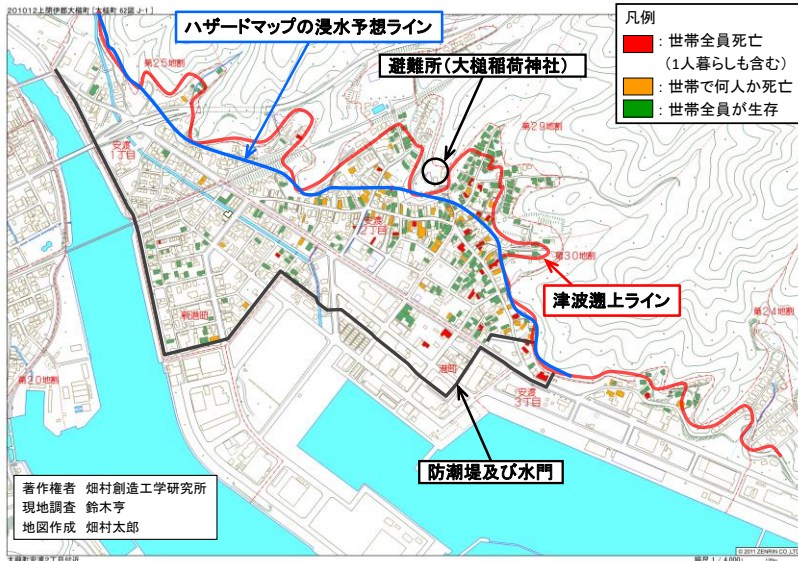


**災害の記憶の減衰・消滅～3年,30年,60年,300年,1200年～**  
 大災害は頻度が低く、発生の間隔が長いため、災害の記憶が社会から消える。

図A3.10 人間の記憶と時間の関係

1200年というのもある。東日本大震災の時に話題になった貞観津波は約1200年前に発生したが、そんな津波があったことはほとんど知られていなかった。最近になって調査が進み、津波があったことが警告されているが、東京電力福島原発ではそれに対する対策を打たないうちに大事故を起こしてしまった。結局、自分の見たいことだけしか見ようとしないのである。

津波の来襲と高台への避難の必要性については誰でも知っている。しかし東日本大震災では、実際に津波が目の前に押し寄せるまで避難行動をとらず、津波に流されて多くの人が亡くなった。図A3.11は岩手県大槌町安渡地区の東日本大震災の津波による“被災状況”と“津波浸水予想範囲”を表したものである。津波は浸水予想範囲を超えて押し寄せたが、浸水予想範囲とそうではない地域の境界付近で多くの被害が発生していることがわかる。境界付近の人は、ここまで津波が来ることはなかったという過去の経験や過去の津波の際に防潮堤のおかげで被害がなかったという誤った成功体験のために、多くの人が逃



図A3.11 岩手県大槌町安渡地区の“被災状況”と“津波浸水予想範囲”

げなかったと考えられる。要するに、いくら警告を与えても人は自分の目で見えるまでは行動を起こさない（人は逃げない）のである。

【補足-A3.1 記憶の減衰率（図 A3.10）】

30年を1世代として、その間の記憶減衰率を2分の1と仮定すると、300年(10世代)で1000分の1、1200年(40世代)で1兆分の1になる。

適切な世代間伝達が必要なのがよくわかる。

【補足-A3.2 災害情報の収集（図 A3.11）】

前述のようなことから、犠牲者一人一人がどう死んだかという個々の例の収集が非常に重要なのではないかという気がする。

ちなみに2012年にニューヨークを襲ったハリケーンサンディによりアメリカ全土で132人の死者が出たが、アメリカではその一人一人について死因を約60項目に分けて詳細に調査している。ハリケーン災害後の調査・検証結果をフィードバックするため、

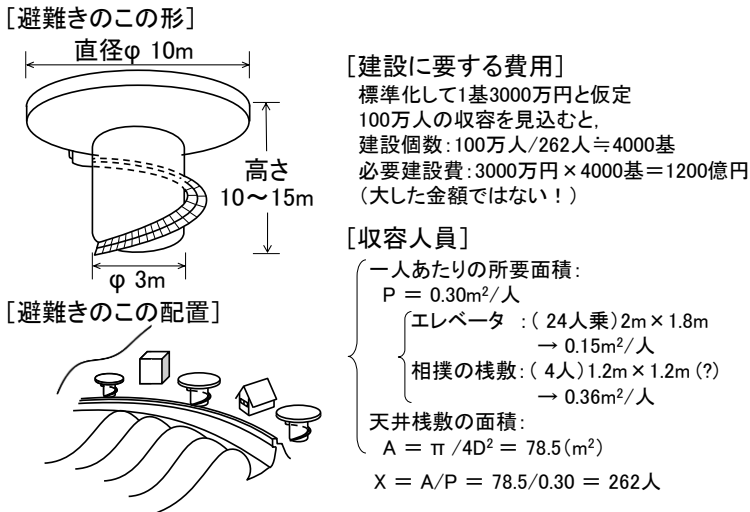
実際にそれらの調査結果をもとに浸水シミュレーションを行い、次のハリケーン来襲に備え、対応計画や避難計画、排水計画、土木的なことを含めたオペレーション計画等を作っているそうである。

### A3.5.2 避難きのこ

図 A3.12 は危険学プロジェクトを始める以前に作成したものである。津波が襲来するたびに大きな被害を出しているのに、そのことが忘れられて、繰り返し被害に遭っていることが残念でならなかったからである。

そこでどうすれば被害を軽減することができるかを考えて提案したのが、“避難きのこ”である。1基 3000 万円くらいだとして、全国に 4000 基作ったとしても 1200 億円程度の費用ですむのではないかと考え、岩手県に働きかけたりもした。しかし、残念ながら、実現しないうちに東日本大震災の津波で大きな被害が出てしまった。

ただ、このような避難場所をいくら作っても、地域の住民がこれを知らなければ無意味である。避難きのこを地域の住民に周知する方法として考えたのが、



図A3.12 避難きのこによる津波被害の最小化構想

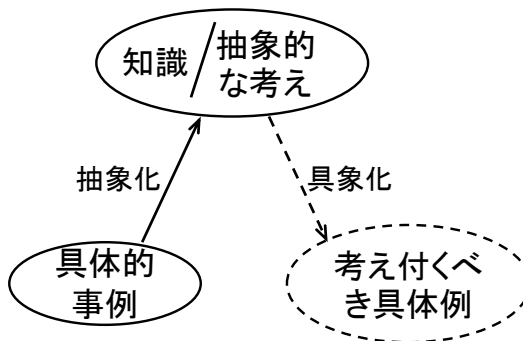
運動会のときにきのこの上にあるパンを食べる“パン食い競争”である。年1回行われる運動会を小学校1年生から中学3年生までに9回経験すると、避難場所に9回走っていくことになる。それを代々繰り返すうちに、それが地域の文化として地元に根付くと考えたのである。残念ながら、間に合わなかった。

## A4. 危険学を生かす

### A4.1 知識化とパターンマッチング

失敗や事故の具体的事例をたくさん集めてそれを分析するだけでは不十分で、異なる分野や事象に適用することができない。

それができるようにするためには、知識化することが必須である(図A4.1)。分析結果を抽象化して知識にするのである。知識化するとは、言い換えればシナリオにするということである。そしてそれを具象化する、すなわち具体的な



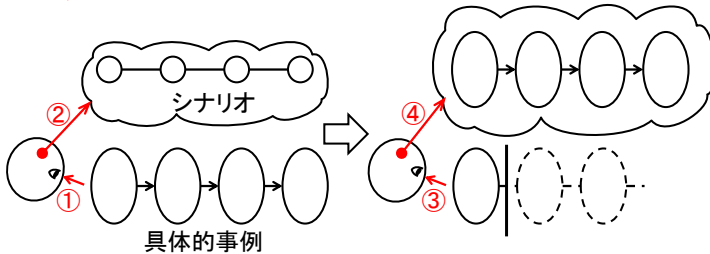
図A4.1 失敗の知識化と知識の適用  
～抽象概念に上り、具象化で下ると  
新しい具体例に気付く～



## ☆ どうすれば事故を防げるか

具体的事例からまずくなったシナリオを見つける

- ➡ シナリオのパターンマッチングをする
- ➡ まずくなる可能性や道筋を見つけることができる
- ➡ 事故を防ぐことができる



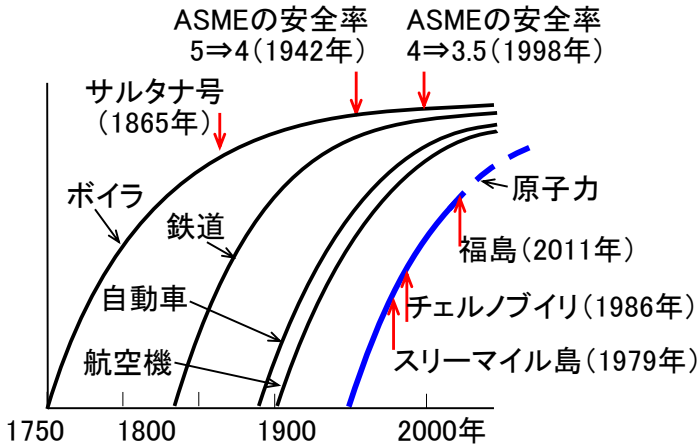
図A4.2 シナリオのパターンマッチングで事故を予見する

事象に当てはめて考えると、次に何が起こるかを予見することができるようになる。これがシナリオのパターンマッチングである（図 A4.2）。まずくなる可能性や道筋に気付くことができれば、事故を防ぐためにあらかじめ対策を打つことができる。

## A4.2 知識の共有

技術がどのように発達してきたか、またそれに伴って安全率がどのように変化したかを調査した。安全率については先に述べたが、ボイラは、技術の創成期に事故が多発し危険性が高かったため、安全率は“5”とされていた。

技術が発達するにつれ様々な対策がとられ、アメリカの ASME では 1942 年に安全率を“4”に下げ、さらに 1998 年に安全率を 3.5 とした。ボイラは 200 年かけて十分な失敗経験を積んだ結果、安全率が“3.5”まで下がったということができる（図 A4.3）。



図A4.3 十分な失敗経験を積むには200年かかる

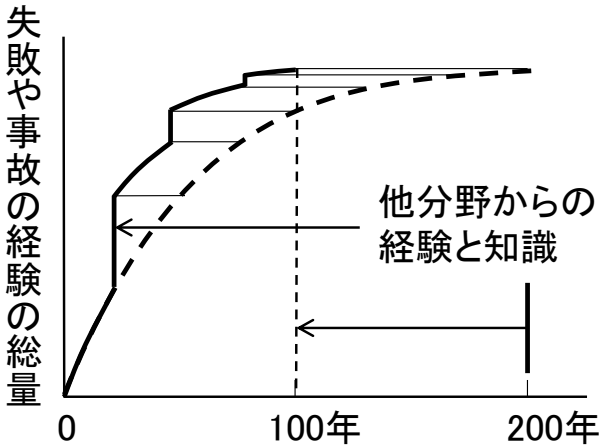
どのような産業や技術も同じルートを通ると仮定すれば、原子力技術が世に出て来たのが1950年頃なので、60年しか経っていない若い技術といえる。

失敗や事故にもいろいろな原因がある。主なものは、ヒューマンエラー、システムエラー、自然災害、悪意、偶然等である。この60年間に、原子力分野はスリーマイル島、チェルノブイリでヒューマンエラーによる事故を経験し、福島原発で自然災害による事故を経験した。次に考えられるのは、テロのような悪意や偶然である。

それでは、原子力が十分安全な技術となるには、あと140年必要かという、そうではない。他分野の経験や知識を転用することによってもっと短縮できるはずである(図A4.4)。しかし、原子力分野は“原子カムラ”という言葉に象徴されるように、自分たちがすべてキチンとやっているから大丈夫だと、他分野に学ばなかった傲慢な姿勢があればほどひどい事故を起こした要因の一つであると考えられる。

人間の活動にはどんな分野であっても、共通する上位概念としての“知”が

## 他分野の失敗経験に学ぶ



図A4.4 必要年数は短縮できる

ある。それに気づいて積極的に利用するとき、初めて希求している「安全」が実現する。そのためには、多分野にまたがる調査・研究を行い、分野を横断した知識の共有を図らねばならない。そうすることによって、一つの技術分野が十分な経験を積むために必要な時間を短縮することができると考えられる。

### A4.3 防災と減災

事故や災害が起こらないようにするには事前に対策を打つ“防災”が必要であるが、それと同時に事故や災害が起こった後のことを考えて被害を最小にする対策を考えて準備する“減災”も必要である（図A4.5）。

これまでは、防災対策は考えるが、事故が起こった後のことは考えないとい

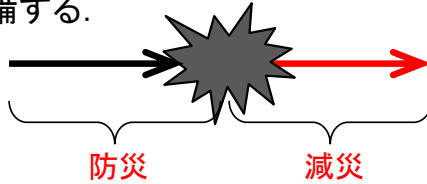
## 防災

事故を起さないためにどうするかを考え、準備する。



## 減災

あり得ることは起こる、事故・災害は起こると考え、  
起こった後のことを考えて被害を最小にするための  
対策を準備する。



図A4.5 防災と減災

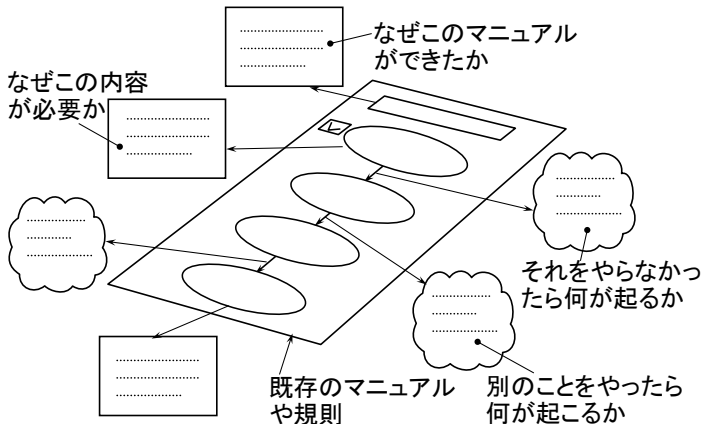
うのが普通だった。しかし、それでは不十分である。あり得ることは起こる、事故は起こると考え、事故が起こった後の対応を準備しなければならない。

特に、南海トラフ巨大地震、首都直下地震など大規模な自然災害に備え、早急に対策を打つことが求められるが、それをさらに進めて、“縮災”や被害を小さくし、できるだけ早く回復させる“レジリエンス”が必要とされている。

### A4.4 マニュアルの立体化

実際の業務において、どうすれば事故や災害を防止できるかを考えた。

- ① ルール（規則・基準・マニュアル）を理解し、守る。
- ② 事故に繋がる危険を減らす。
- ③ 想定外の事象については、実際に起っていることに応じて柔軟に考える。



図A4.6 マニュアルの立体化

事故防止の基本はまず①と②である。

① ルール（規則・基準・マニュアル）を理解し、守る。

ルールを守れと頭ごなしに言うばかりでは、必ず形骸化が起こる。ルールを理解したうえで、守るのでなければならない。ルールの意味・本質を理解するためには、図 A4.6 に示すようにマニュアルを立体化することが最も有効である。具体的には、なぜこのマニュアルができたか、なぜこの内容が必要か、それをやらなかったら何が起るか、マニュアルの指示以外のことをやったら何が起るか、を考え、皆で議論してみるとよい。

② 事故に繋がる危険を減らす。

“人は間違ふ”ことを前提として、フェイルセーフ、フールプルーフを適切に取り入れることが必要であるが、多様化（単なる多重化ではない）も必要である。そして、どこにどのような危険があるかを明示することも必要である。

③ 想定外の事象については、実際に起っていることに応じて柔軟に考える。

想定外の有事の際は、平時の決まりは役に立たない。

### 自分で判断して考えるしかない.

このような有事の際に重要となるのがリーダーである。国土交通省東北地方整備局は東日本大震災後に、その「経験知」を関係者共通のものとするために「東日本大震災の実体験に基づく災害初動期指揮心得」という冊子を作った。これには有事におけるリーダーの心構えとして、非常に重要なことが書かれている。それを以下にまとめてみた。

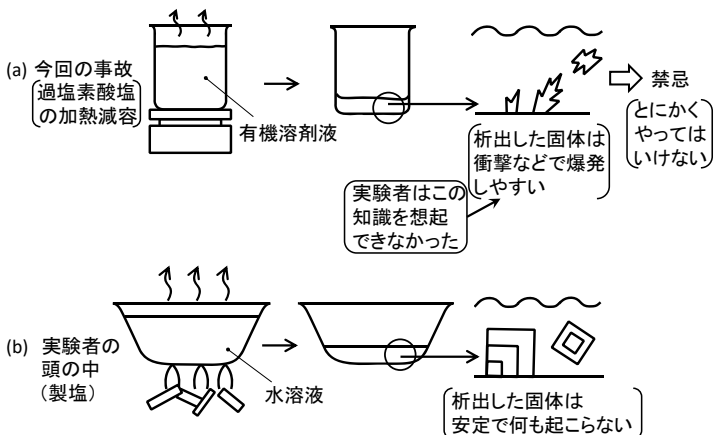
#### **【有事におけるリーダーの心構え】**

- 有事と平時の切替えを判断する.
- 最悪を想定する.
- 大きく構える.
- 事の進行より早く判断・決定する.
- 使命を自覚し、ぶれない.
- 権限の委譲を決める.

## A4.5 思考回路形成の必要性

図 A4.7 は 2014 年に東京大学の応用化学工学科で起こった事故の話の聞いて、実験者が考えていたことを筆者が勝手に推測して描いたものである。

実験後の廃液を減容するために加熱し、溶液が少なくなった時に紙ナプキンで拭こうとしたら爆発したという事故である。過飽和に固溶した有機溶剤液は非常に危険なもので、析出した固体は摩擦や衝撃により爆発しやすい性質があり、加熱減容を行ってはならないものである。実験者は化学工学を学んでいるのだから当然その知識を持っていたはずだが、その時には減容することの危険性に思い至らず、図中 (b) に示した海水を煮詰めると塩が析出するというような状況を思い浮かべていたのではないかと推測される。教育や訓練により知識を記憶することはできるが、それだけでは不十分で、実際の行動には結びつい



図A4.7 実験者の考えと事故のメカニズム

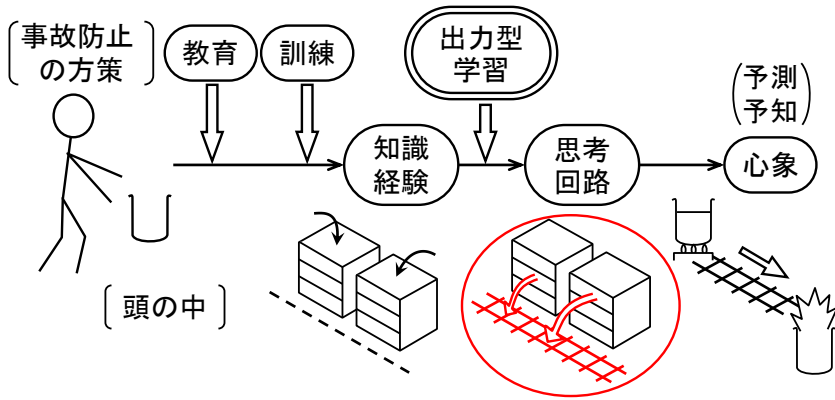
ていないのである。

これを防ぐには“出力型学習”により、考える回路に記憶を呼び出して知識と行動を結びつける“思考回路”を作る必要がある(図A4.8)。記憶した知識を使うことを繰り返すことによって、“思考回路”は自然に形成される。

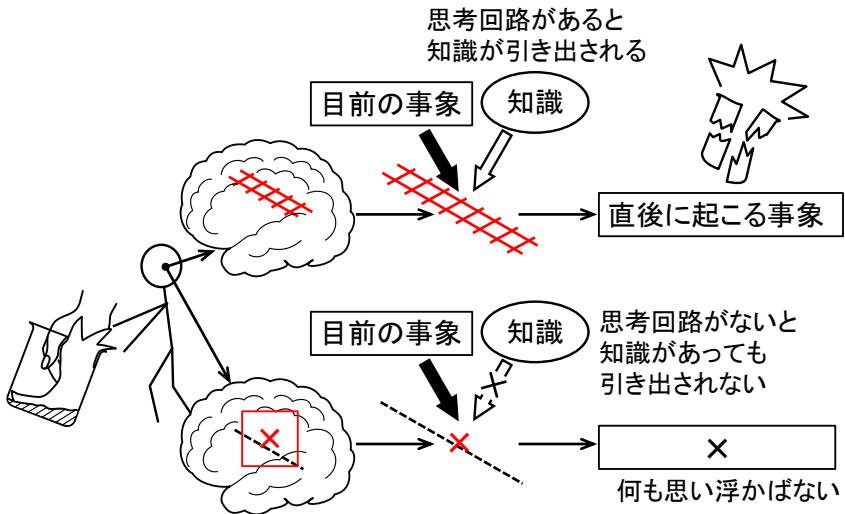
前述の事例では、この思考回路がないため、必要な時に必要なことを考えられずに、事故に至ったと考えられる(図A4.9)。脳の経験がないと知識があっても次に起こる事象は思いつかないということである。

“安全”を考えるときに、それぞれの人がいかに頭の中に思考回路を持つかを考えることが重要なのである。

出力型学習により思考回路が形成される



図A4.8 出力型学習の有効性



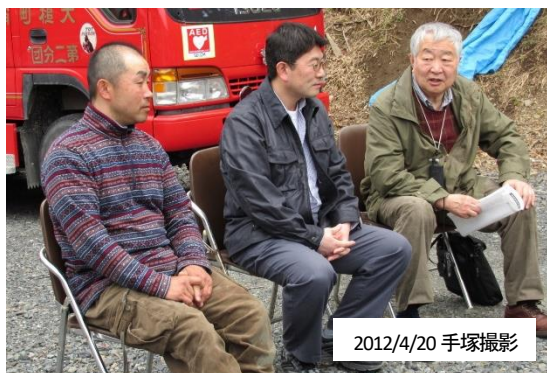
図A4.9 脳内思考回路の必要性



### 【3現（現地・現物・現人）】



遺族の二階堂久医師（右）に事故の経緯を聞く筆者  
（A2.2.1 ヒューストンエレベータ事故 参照）。



岩手県大槌消防団仮屯所前で、救出活動中に津波に流され九死に一生を得た消防団員（左）と S 氏（中央）に震災当日の話聞く筆者（B1.2.1 岩手県大槌町津波被災地実見参照）。



釜石市両石湾実見の際偶然出会った片田先生と筆者、この4か月後に「東日本大震災にみる命の分岐点」という演題で片田先生に講演をしてもらった（B1.2.5 釜石の奇跡 参照）。

## B. 東日本大震災と福島原発事故

A 編はバージョン I & II の 10 年間のプロジェクト活動で得られたものを総括する形で述べたため、やや抽象的な内容になっている。そこで本編では、具体的事例として東日本大震災と福島原発事故を取り上げ、被災地の実見を交えながら、事故や災害をより身近なこと、自分事として考えてもらうことにした。

### B1. 実見・東日本大震災

東日本大震災は、貞観津波と慶長三陸津波が合わさったものと考えればよい。 歴史津波伝承地を実見して、そのことを実感した。しかも、レベル7の福島原発事故を伴う、複合災害でもあった。

そこで、本章では、東日本大震災がどのような災害であったのか、なぜ2万人を超える犠牲者がでたのかなどについて考えてみる。

なお、以降東日本大震災に関する各種データを掲載するが、出典により少しずつ値が異なっている。被災範囲がとてつもなく大きくて調査機関が多数に及ぶこと、調査時期やデータ集計時期などの時間的ズレや集計方法・計測方法の違い、津波や停電で計測設備が破壊されるなどして推定によらざるを得ないデータが含まれているなど、各種要因が複雑にからみあっているためである。

本書のデータが読者諸氏の手持ちデータと異なる場合は、上述の状況によるものなので、ご容赦願いたい。

## B1.1 東日本大震災の概要

### B1.1.1 津波高と犠牲者数

東日本大震災における津波高と約 22,000 人にも及ぶ死者・行方不明者数、災害関連死者数（約 3700 人、福島原発関連を含む/内数）の内訳を図 B1.1 に示す。平野部の多い宮城県と福島県の犠牲者数が、リアス海岸の多い岩手県の 2 倍にもなっている。「津波」といえば、「三陸リアス海岸」という大震災前の常識と正反対の結果になっている。

災害関連死も約 3,700 人と非常に多い。特に福島県に多いが、福島原発事故によるものなので、これについては B2 で改めて述べる。

岩手県宮古市姉吉（あねよし）の津波遡上高 40.5m は、1896 年の明治三陸津波の 38.2m を超えた。最大津波高は福島県富岡町の 21.1m で、福島第一原発から 20km 圏内の平野部で最高高さが記録されている。写真 A2.12 に示す岩手県釜石市両石湾には、海拔 12m の防潮堤高さを超える 13.2m の津波が押し寄せ、高台にあった家以外は津波で全壊している。

大災害ではあったが、明治三陸津波と比べると三陸地方の人的被害は大幅に減っている。発生が日中であったこと、当時と比べて防波堤や防潮堤などの防災対策が格段に進んだためである。一方、津波が来ないと思われていて備えが貧弱であった平野部、特に石巻で犠牲者が多く、前述のように平野部の犠牲者がリアス海岸部の 2 倍以上にもなっている。

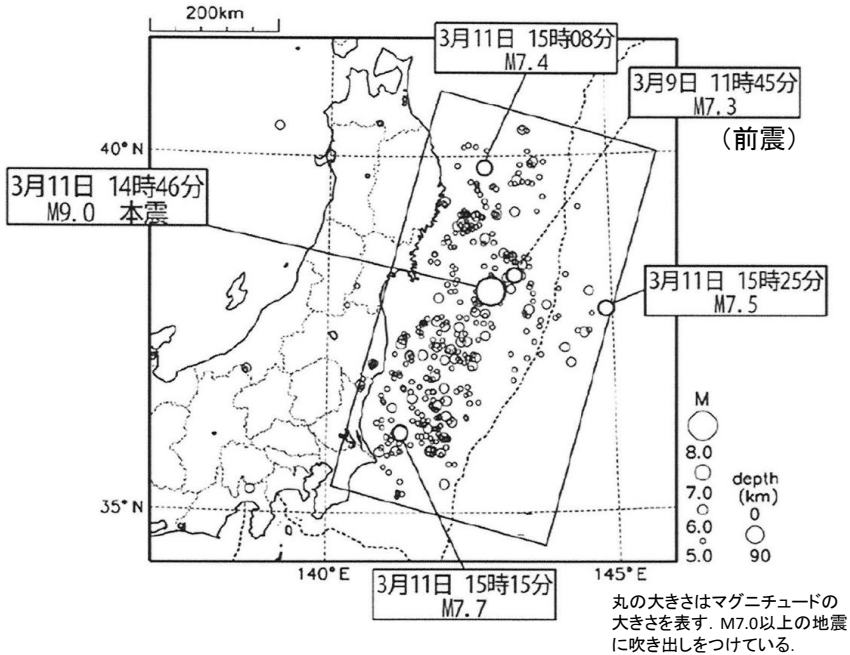
### B1.1.2 震源分布

東日本大震災の震源は、仙台市東方約 70km、深さ 24km の海溝型地震（プレート境界地震）で、モーメントマグニチュード ( $M_w$ ) \*が 9.0 の巨大地震であった。本震の断層は日本海溝に沿った 2 枚の長方形で近似され、その大きさは「450km×200km」といわれている。また、大きな断層すべりは震源より北東側の浅い部分で生じており、その量は 20～30m、最大は 60m と推定されていて、



### 震央分布図

(2011年3月08日12時00分～25日12時00分、深さ90km以浅、M $\geq$ 5.0)



図B1.2 前震・余震の分布図 (2011/3/8～3/25) 出典:気象庁

この大きなすべりやそれに伴って発生した海底の隆起・沈降によって高い津波が各所で発生した。 1万8千人を超える直接死のほとんどはこの津波による。

Mw9.0の巨大地震となったのは、断層のズレがプレート境界にまで達し、南北に急激に拡大したことによる。余震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖にかけての「500km×200km」の広い範囲に分布している(図B1.2)。

本震による破壊継続時間は約3分で揺れは6分以上、長周期地震動は東京だけでなく名古屋や大阪でも発生し、その揺れは10分以上にもなった。

#### 【補足-B1.1 マグニチュード】

モーメントマグニチュード(Mw)は、「ずれ動いた部分の面積×ずれた量×岩石の硬さ」

をもとにして計算した値で、一般にいうマグニチュード (M) は地震計で観測される地震波の振幅から計算される。規模の大きな地震になると、一般の M では岩盤のずれの規模を正確に表せないために Mw を使う。地震のエネルギーは、マグニチュードが「1」あがると約 32 倍、「2」上がると 1000 倍になる。従って、Mw9.0 の東日本大震災の地震エネルギーは、Mw7.0 の地震 (1995 年の阪神淡路大震災クラス) の 1000 倍、Mw8.0 (2003 年の十勝沖地震) の約 32 倍の大きさとなる。

### B1.1.3 前震と余震

#### (1) 前震

本震の 2 日前の 3 月 9 日 11 時 45 分に、三陸沖で 前震である M7.3 の海溝型地震が発生した。震源は本震のそれと非常に近い (図 B1.2) が、発生した時点では「前震」という認識はなかった。気象庁の地震観測でも、本震前の 1 年間にマグニチュード 6 以上の地震が一度も観測されていないこともあった。

ただ、「前震」といえども、1995 年の阪神淡路大震災や 2000 年の鳥取西部沖地震の M7.3 と同規模の大地震である、それでも、この地域の人たちにとっては、平均発生間隔が約 38 年の宮城県沖地震が、2005 年から 5 年半の変則の間隔で生じたというくらいの認識でしかなかった。“慣れ” からくる危険感受性低下の典型例と言える。

#### 【補足-B1.2 熊本地震】

2016 年の熊本地震も同じで、4 月 14 日 21 時 26 分の前震 (M6.5) に続き、1 日後の 16 日午前 1 時 25 分に本震 (M7.3) が発生した。海溝型でなく、両方とも震度 7 の活断層型直下地震であることが異なる。前震も震度 7 の巨大地震であったため、これを本震と思い込んで自宅に戻った人が、2 度目の震度 7 の本震による家屋倒壊で犠牲になるという事例が多数出た。

これらの災害を踏まえて、今後発生することが予想される南海トラフ巨大地震・津波に対し、国が想定震源域の東部分で M8 級の大地震が発生して西側も連動の恐れがある場合、あるいは南海トラフ沿いで M7 以上の地震が発生して本震発生 of 恐れがある場合、数日～1 週間の事前避難などの対応例を 2017 年に示し、以後定期的に見直しを行っている。

## (2) 余震

同日に発生した M7.0 以上の大きな余震は、岩手県沖で 15 時 8 分に発生した M7.4 の地震、茨城県沖で 15 時 15 分に発生した M7.6 の地震の 2 つがある (図 B1.2)。そのほかにも多数の余震が発生していて、それらにより新たな犠牲者が出ただけでなく、救難救助や復旧工事にも大きな支障が出た。ちなみに、震度 4 以上の余震は、同年 12 月 31 日までに 225 回 (そのうちの半分は 3 月 31 日までに発生) も発生している。さらに、翌年の 2012 年に 52 回、2013 年に 35 回、2014 年に 24 回、4 年後の 2015 年にも 11 回発生している。

### B1.1.4 問題報道

地震発生直後に出された気象庁発表の津波高さと NHK の第 1 波到達報道が被害を拡大させた一因として問題となった。

#### (1) 津波高さ報道

地震発生約 3 分後の 14 時 49 分に出された最初の津波警報は、津波高さが岩手県と福島県で最大 3m、宮城県で最大 6m であった。次の 15 時 15 分の津波警報は、岩手県と福島県で最大 6m、宮城県で 10m 以上、15 時 30 分の警報で、ようやく岩手県と福島県が 10m 以上に引き上げられていたが、これらは停電のために多くの人に伝わらなかった。そのため、津波常襲地帯の三陸地方では、最初の最大高さ 3m という津波警報を聞いて逃げる必要がないと判断した人も多く、被害が拡大した一因と言われている。

#### (2) 津波の第 1 波到達報道

地震発生から 10 数分後の 15 時ちょうどに、「大船渡港で 14 時 54 分に 20 センチの津波が観測された」との NHK 報道があった。続けて 15 時 2 分に、宮城県石巻市鮎川、岩手県釜石港、青森県むつ市関根浜に津波が到達したことが伝えられた。津波高さは「50 センチから微弱」と伝えられた。

この津波を過小評価させるような第 1 波到達報道も問題とされた。

### B1.1.5 津波の寄せ波、引き波と到達時間

前述したように、東日本大震災は仙台から約 70km もの沖合で起きた海溝型地震で、海底の地盤が太平洋側に 20～30m もすべったため、震源近くでは大きな隆起が発生した。そのため、陸側はその大きなすべりおよび隆起量に相当する分だけ沖合に引きずられ、海底のみならず海岸線も一様に沈下した。

国土地理院の発表によると、震源のほぼ真上の海底で約 3m、釜石沖で約 1.5m、南側の福島沖で約 0.9m 隆起した一方、震源よりやや陸側の宮城沖で約 0.9m 沈下したほか、牡鹿半島でも約 1.2m 沈下している。

海底の隆起によって発生する津波は寄せ波になり、沈下によるものは引き波となる。気象庁の記録によると、青森県、岩手県、宮城県、福島県の相馬あたりまでは引き波、それらの地域より北側の北海道はいくらか例外もあるが、おおむね寄せ波で始まっている。一方南側は、福島県の相馬以南の茨城県から沖縄県に至るまですべて寄せ波から始まっている。

東日本大震災の場合はプレート境界が遠かったため、引き波の後に続く「大きな寄せ波」が海岸に到達するまでに 30 分以上あって高台など高所に逃げる時間的余裕があった。一方南海トラフ地震の場合、最悪のケースで駿河湾沿岸では 3 分後に津波が到達すると推定されていて、地震の揺れが続いている最中に津波がやってくることになる。この例に限らず、静岡県や紀伊半島で陸域がプレート境界に近いところでは、数分～十数分という短時間で「寄せ波」による津波が海岸に到達する可能性があり、それに応じた迅速な避難が求められている。

### B1.2 津波被災地実見

筆者らは、東日本大震災までは東北地方の津波は三陸津波のことであり、その次に来る地震は東海地震や東南海、南海地震と考えていた。



ところが2010年10月の新聞に1200年前の“貞観地震”の研究報告が掲載されていた。さらに約400年前の“慶長三陸津波”についての研究報告もある。そこに東日本大震災が発生してみると、「気がついてはいたのに、災害に先を越されてしまった」という感じがした。と同時に、1995年に津波調査で偶然知り合っただけで案内してくれた岩手県大槌町消防団員の鈴木亨氏（以降S氏と称する）の安否が気になった。



図B1.3 津波被災地実見箇所

そのS氏とようやく連絡がとれ、震災発生2か月後の2011年5月に3日間の行程で三陸地方の津波被災地の調査（実見）を行った。その後もS氏の案内で、約1年後の2012年4月、約2年半後の2015年9月に実見をした。

以下にそれら3回にわたる実見の代表例として岩手県大槌町、宮古市の田老・姉吉、釜石市の両石・鶴住居（うのすまい）について述べる。そのほかにも、田野畑村、山田町、陸前高田市なども実見しているが、紙面の都合で割愛する（図B1.3）。

## B1.2.1 岩手県大槌町津波被災地実見

### (1) 被害概要

大槌町には12.6mの津波が押し寄せた（図B1.1）。防潮堤の2倍に達する高さで、以下に示すような甚大な被害が生じた。

- ・死者・行方不明者数：1,277人（2016.3.11現在）。大槌町人口の約8.4%で、岩手県で最も高い割合である。
- ・役場職員殉職者数：33人（内数）。マニュアルに従い、町長および職員が町役場前で緊急対策会議を開催しているところに津波が押し寄せた。町長、課長級職員7人を含む全職員の約24%が犠牲になり、長期にわたって町行政の機能が麻痺して、災害対応や復旧・復興に大きな支障がでた。震災から4年半がたっても、破壊された防潮堤は震災当時のままであった（写真B1.1）。
- ・消防団員殉職者数：16人（内数）。消防車や停電のため消防屯所の半鐘を鳴らし続けて避難を呼びかけていた人、寝たきりの老女を助けようとして津波に巻き込まれた人など、全団員42名の約4割が殉職した。

写真B1.2の消防車で住民に避難を呼びかけていた2名の消防団員のうち、一人は後方の学校校舎に泳いでたどり着き、そこから裏山に逃げて助かったが、もう一人は殉職したそうである。

- ・人口：震災前の15,276人（2010年10月）から、12,148人と約2割も減少した（2017.6.30現在）。



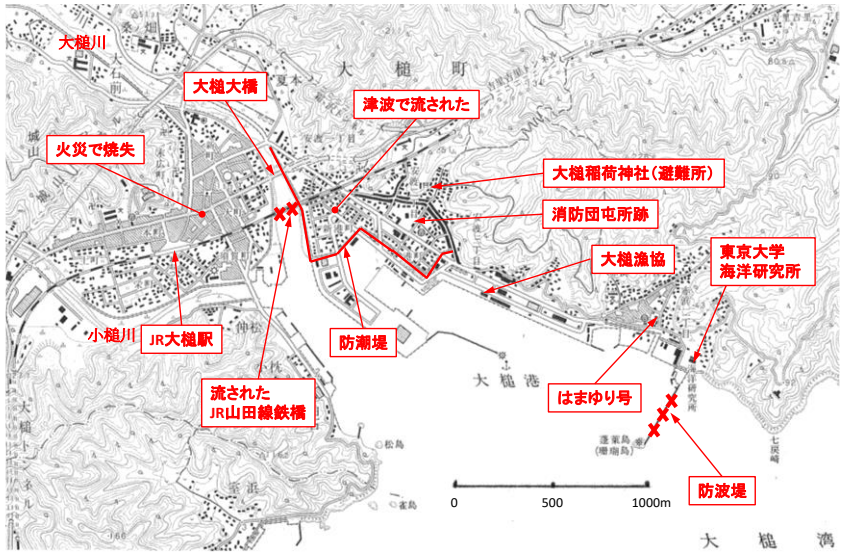
2015/9/19 手塚撮影

写真B1.1 4年半後も破壊された防潮堤は震災当時のまま



2011/5/7手塚撮影

写真B1.2 津波に巻き込まれた消防車



図B1.4 岩手県大槌町と津波

## (2) 大槌町の実見箇所・実見日

震災2か月後の2011年5月7日に、S氏の案内で大槌町を実見した(図B1.4)。

2012年4月と2015年9月にも同じ場所を実見した。

その時々に分かったこと、考えたことを以下に述べる。

## (3) 震災2か月後の実見(2011年5月7日)

### ①大槌稻荷神社

150人程(ピーク時は160人)が避難生活をしている標高25mの大槌稻荷神社に行き、昭和の大津波を経験している90歳と83歳の女性に話を聞いた(写真B1.3)。一人は自力で避難し、もう一人は津波に浸かったが、這い上がって助かったそうである。二人とも、今回の津波は昭和よりもはるかに大きかったと言っていた。S氏の母親にも話を聞いた。S氏が地震の後、母親に「すぐに逃げろ」と言っても逃げず、2度目に家に立ち寄ったときに「何があっても逃げろ、大津波が来る」と声をかけたらようやく裏山に避難したそうである。



写真B1.3 避難所の大槌稲荷神社

知識としては知っていても、大地震と津波が結びつかないか、防潮堤を過信しているのである。

神社の擁壁には津波に流されてきた瓦礫でこすられた跡が白く残っている。その神社の中段から町を見た（写真 B1.4）。町の北側の大槌川と山との間に挟まれている地域はすべてが瓦礫になっていた。道は通れるようになっていたが、人の姿は見えない。



写真B1.4 大槌稲荷神社から見た安渡地区



## ②大槌川

大槌大橋のたもとに行ってみた。写真 B1.5 は S 氏にもらった写真である。彼は消防車で避難を呼びかけた後、写真中央の橋のたもとの 50cm ほどの高さのゲートを閉めて橋を通行止めにしたそうである。川を遡上する津波で川面がどンドンと盛り上がり近づいてくるので、車の向きを変えて、写真の右側にある立体交差の反対側の方に行こうと考えたが、そこは車が渋滞していたため危険だと判断して、右後方のトンネルを越えて逃げたそうである。大槌川の川面が橋を飲み込んでいて、立体交差の方にあふれた水が流れ出てきている。さらによく見ると橋のたもとに自動車が止まっている。おそらくこの車は判断が遅れて動けなくなり流されたのだと思う。何とも恐ろしい写真だ。

S 氏も“決断が 5 秒遅かったら流されていた”というギリギリの判断と実行だったそうである。



写真B1.5 大槌大橋のたもとに海水が溢れ出した直後の様子

#### (4) 消防団員の被災

東日本大震災で亡くなった消防団員の数は 254 人で、津波による犠牲者約 1 万 8 千人の 1.4% にもなり、非常に高い率である。消防団員達の責任感がそうさせ、高齢者の遠慮がその引き金になっていると考えなければならない。

声をかけたときに逃げることを躊躇したら、もうその人は助けないと決めるべきで、そうしないと、これからも消防団員が亡くなり続けるように思う。東日本大震災の後、消防団員の行動基準が「津波到達 10 分前になったら逃げる」に変わったと聞いたが、これでも甘い。緊急医療現場で一般的となっている「トリアージ」のような考えを取り入れないと、限られた時間の中で多くの人を助けることはできない。以下のことも関係している。

##### ①防潮堤過信

消防団の S 氏が震災の時に見回って閉めた大槌町の水門のすぐ脇の 3 階建ての建物が流されて消えていた。その家の 3 階からすぐ裏にある大きな縦の岩に渡る栈橋が作っており、高台へ避難できるようにしてあったそうだ。それにもかかわらず、その家の人たちは栈橋を使って高台に逃げず、流されて亡くなったと聞いた。津波の危険に気づいていて、避難路を作ったにもかかわらず、そこに留まって流されているとすれば、防潮堤の過信がそうさせたとしか考えられない。

##### ②個人情報保護

消防団員が人々を助けようとするとき、個人情報保護のため、助けを必要としている人がどこにいるのかを事前に知ることができず、非常にやりにくかったそうだ。個人情報保護の形式的運用は非常に害が大きい。個人情報保護を適用すべきところとしないところを区別するべきである。

### B1.2.2 岩手県宮古市田老津波被災地実見

#### (1) 津波被害の歴史

宮古市田老は「万里の長城」と称された防潮堤で有名である。

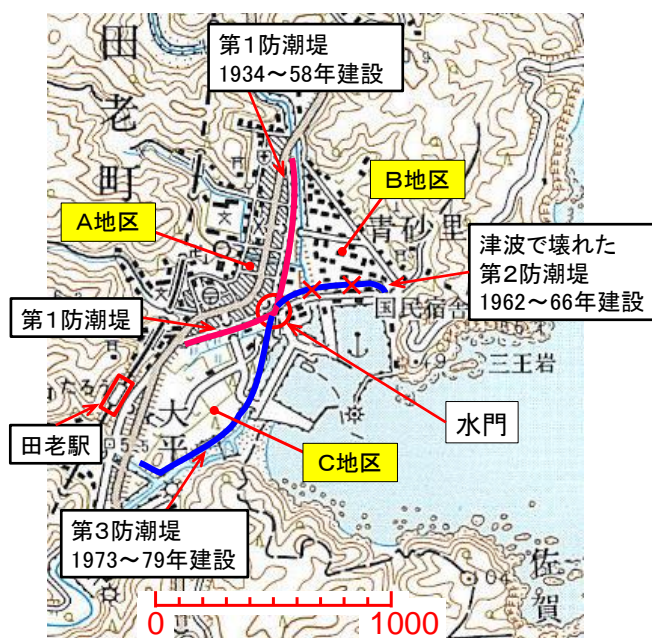
以下に示す津波被害を受けてきた歴史の裏返しでもある。

＜田老の津波被害の歴史＞

- ・ 1611年 慶長三陸地震津波：村がほとんど全滅。
- ・ 1896年 明治三陸津波：15mの津波で、住民の83%の1867人が死亡。
- ・ 1933年 昭和三陸津波：10mの津波で、住民の32%の911人が死亡。

これらの被害を受け、田老では昭和三陸地震津波後に第1防潮堤、チリ地震津波の後に第2防潮堤、1973～79年に第3防潮堤からなる総延長2.4kmの巨大な防潮堤を築いた（図B1.5）。

1960年のチリ地震津波では多数の犠牲者が出たが、田老地区は第1防潮堤があり、津波高も3.5mと低かったため被害はなかった。これが防潮堤への過信になり、東日本大震災の犠牲者が増える要因となったのは否めない。



図B1.5 防潮堤の建設時期と居住区域



## (2) 被害の概要

東日本大震災では浸水高さが 16.3mにも達したため、津波は高さ 10m の防潮堤を軽々と超えたことになる。しかも、湾の奥にあり、第 1 防潮堤(写真 B1.6)と第 3 防潮堤によって進路を変えられた津波を一手に引き受ける形となった第 2 防潮堤(写真 B1.7)は、完膚なきまでに破壊され、第 2 防潮堤の内側の被害が一番大きくなっている。



写真B1.6 健在だった田老の古い防潮堤の背面



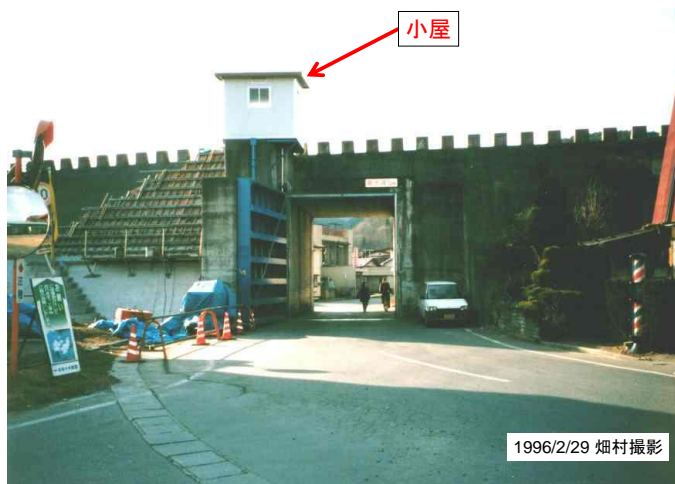
写真B1.7 田老の第2防潮堤

### (3) 田老の津波被災実見

震災2か月後の2011年5月6日に田老の防潮堤を実見した。14年前に訪れた防潮堤がどうなっているかを知りたかったからである(写真B1.8)。

X字状になっている防潮堤の交点にある水門(図B1.5)はしっかりと閉まっていた。その水門開閉用駆動装置を収めた小屋はすべて消えていたが、小屋の中にあつたエンジン駆動の開閉装置はそのまま残っていた。床屋は痕跡のみになっていた(写真B1.9)。

実際に水門を閉めたのが手動か、エンジンかはわからないが、大事なものは“電動ではなかった”ということである。停電が当り前の非常時には、電動機は役立たないことを消防団員はわかっていたわけである。津波により、福島第一原発では非常用電源まで使えなかった。それを“想定外”だと言っていたが、とんでもない話で、外部と隔絶されても機能を果たせるようにすべきという思想を原発設計者は持っていなかったのである。さらに原発を運営する人たちが“想定外”だと言って、まるで自分たちが“被害者”であるような言い方をしているが、言い逃れに過ぎない。



写真B1.8 田老の防潮堤と防潮扉(津波襲来前)



写真B1.9 閉じられた水門と右手の床屋の跡(津波襲来後)

この水門の上から防潮堤を眺めてみた。古い第1防潮堤はすべて健在であったが、新しい第2防潮堤は跡形もなく消えていた(写真B1.6&B1.7)。

震災1年後の2012年4月にも田老を实見した。

防潮堤の上から周囲を360度見渡すと、第1防潮堤の内側のがれきはほぼ片づけられ、様々な建物の基礎などが残っていた。山から放射状に走っている道や防潮堤に平行な道も片づけられ、山の上の方に旧田老町の町役場であった地区の行政の建物が見えた(写真B1.10)。



写真B1.10 第1防潮堤内の様子

第2 防潮堤の内側にあつて唯一残った「たろう観光ホテル」に行った(写真 B1. 11). 津波の水が来なかった6階で同ホテルの松本社長が撮った津波襲来のビデオを見せてもらった(同ホテルは後に災害遺構となった).



写真B1.11 津波に破壊された「たろう観光ホテル」

震災4年半後の2015年9月にも田老を实見した。

崖には明治・昭和の津波高さを示す表示板があつたが、復旧された製氷貯氷施設には、新たに平成(東日本大震災), 明治, 昭和の津波到達高(順に 17m, 15m, 10m) が刻まれていた(写真 B1. 12).



写真B1.12 給水塔と崖に表示された明治・昭和・平成の津波到達地点

#### (4) 防潮堤「万里の長城」

先述したように、田老では「万里の長城」と称されている防潮堤を作っていた。明治・昭和三陸大津波でひどい被害を受けた後、田老では津波と“付き合

いながら災害を最小限にする”ことを考え、総延長2.4kmと言われるX字型の防潮堤を作ったのである（図B1.5）。

X字の左側が古い防潮堤（第1防潮堤）で右側は戦後になってから追加された第2防潮堤である。古い方の防潮堤の内側北西の高見（たかみ）に村役場を設け、そこから放射状にまっすぐ道が延び、それに直角に交わる太い道路網ができています。また、角は全て“隅切り”という面取りがしてある。これは一斉に逃げるときに衝突が起こって混乱が起きないためと、水が遠くからやってくるのが目視できるようにするためである。それに対し、新しく作った第2防潮堤は木端微塵に壊れている（写真B1.7）。第2防潮堤内には、初めは漁師小屋しかなかった。その後次第に住宅が増えたが、鉄筋コンクリート製のホテル1軒だけを残しすべて消えてなくなっていた（写真B1.13）。津波が来ることがわかっているにもかかわらず、いつのまにか欲得や便利さのために危ないところに出ていき、自分が生きているうちは津波は来ないことにして生活しているうちに、やはり津波が来たというのが現実なのである。



写真B1.13 田老防潮堤の交差部分から見た  
新旧防潮堤内部の被害の違い



“万里の長城を作って津波と戦ったがうまくいかなかった”，“10m の高さの堤防で 16m の津波には役に立たなかった”という文章を散見するが、それは考えが足りない。明治三陸津波で 15m の津波が来たことを知った上で、この 10m の防潮堤を作っているのである。津波が直接来て逃げる間がなくなることがないように、越流をしても流入する水の量が少なくなり、避難する余裕を作るのが第一の目的なのである。また、第二は津波の被害は寄せ波よりも引き波の方が大きくなるということを知っていたのである。第 2 防潮堤内の行方不明者数の多さにその影響が顕著にあらわれている。

田老での堤防の構造や大きさ、避難路の作り方、こういったものを見ると、考えの浅い後講釈の評価は全く当てはまらないことがわかる。

### B1.2.3 宮城県仙台・石巻津波被災地実見

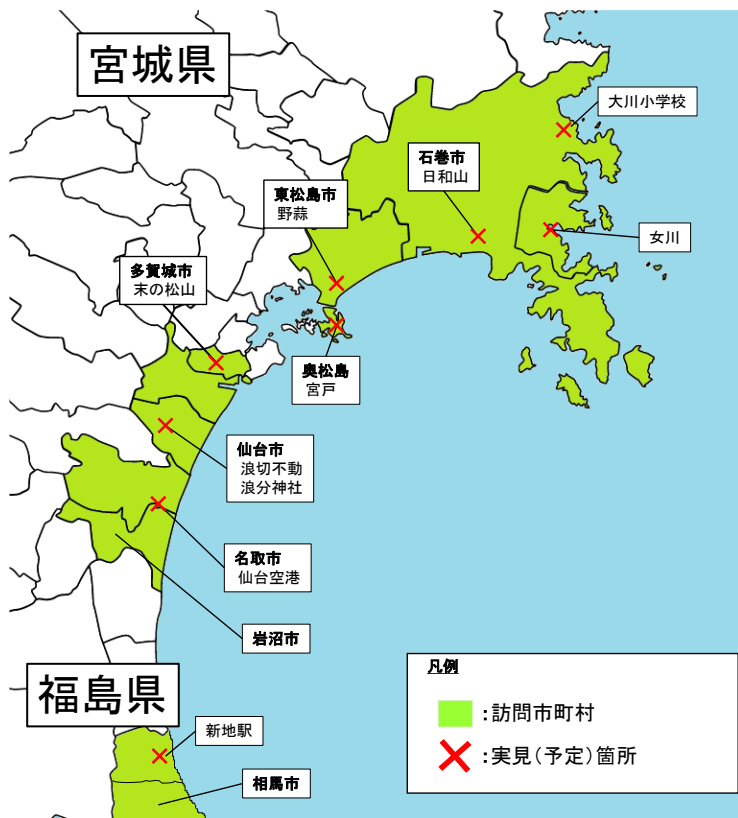
東日本大震災はこれまでと違い、平野部での津波被害が三陸地方の 2 倍にもなっていることは既に述べた。特に石巻市の犠牲者が多い。また、仙台平野から福島県北の相馬市あたりまで、各所に 869 年の貞観津波、1611 年の慶長三陸津波の伝承地が点在している。

そこで、2011 年 9 月に 3 日間の行程で、仙台・石巻平野の津波被災地と歴史津波伝承地を実見した（図 B1.6）。

福島県の JR 新地駅では、震災当日たまたま電車に乗り合わせていた 2 人の警察官の適切な避難誘導で乗客全員が助かったと聞いて、当の警察官に立会ってもらい、震災当日の避難経路を実際に歩いてみた。

これらの実見のうち、仙台・石巻平野の津波被災地実見については本項で述べ、歴史津波伝承地実見については B1.3、新地駅での乗客救出については、B1.2.6 で述べる。女川町と大川小学校の実見も計画していたが、台風 15 号のため実行できなかった。

以下、実見で分かったこと、考えたことを述べる。



図B1.6 平野部被災地実見箇所

### (1) 仙台市

震災から半年後の2011年9月21日に、仙台市街にある慶長三陸津浪伝承地（後述）である浪切不動、蛸薬師、浪分神社を実見した後、仙台東部道路を越えて海側の荒浜に出たところ状況が一変し、民家がほとんど流されて建物の土台だけが残る荒れ野になっていた。視野にある動く物といえば数台の建設機械しかなく、何とも荒涼とした様子であった。

### (2) 東松島市野蒜（のびる）

21日の夜半に台風15号が付近を通過して猛烈な風雨となったため、道路が冠水してあちこちで迂回を余儀なくされたが、ようやく仙石線の野蒜駅に着い



(a) 津波襲来後の野蒜駅



(b) 野蒜駅舎の津波避難路マップ

写真B1.14 野蒜駅と津波避難路マップ

た。野蒜駅は駅舎の1階の天井近くまで津波が来た跡があり、津波避難路マップが掲示されていた(写真B1.14)。また駅前には貞山堀の続きである東名(と



うな) 運河があった。

次に、震災当日の野蒜駅から小学校までの避難経路を辿ってみた。指定避難所となっていた小学校の体育館に入ってみると、2階の観覧席の床付近まで津波が来たということが見て取れた。鉄道の乗客と一緒に避難してきた女性乗務員が津波に流されてバスケットのゴールリングにつかまっているところを観覧席にいた人が髪の毛を引っ張って助けたのだという話を聞いた(写真 B1.15)。ここまで避難してきた乗客も地域住民も、多数の人が津波で溺れたという話である。

小学校の裏手は山になっている。体育館に逃げずに、隣接する3階建ての校舎や裏山に逃げれば助かったのに、小学校の体育館が避難場所になっていたため、そこで大勢の人が亡くなったのである。小学校のすぐ裏に住んでいる老婦人が出てきて色々な説明をしてくれた。40年ほど前に名古屋からここに移り住んだということであるが、昔からこの地域に住んでいる人たちは、1960年のチリ地震・津波の経験から津波が来たとしても東名(とうな)運河を越えることはないと言っていて、地震の後に津波が来ることを考えもしなかったようだ。



写真B1.15(a) 野蒜小学校体育館



写真B1.15(b) 野蒜小学校体育館の内部

### (3) 石巻市

石巻市の日和（ひより）山に登った。日和山は石巻の市街地にある標高およそ 50m の山であるが、そこからは市の様々の方向を眺めることができる。南側は石巻湾ですべてが津波で流された荒涼とした町の様子が見えた(写真 B1. 16)。津波から逃げようとした車が大渋滞を起こし、動けないでいるうちに津波が押し寄せて、大勢の犠牲者が出たそうである。瓦礫はかなり片付いており、まさに荒野であった。

その後、この日和山を東側に下り、ふもとの門脇町を西進した。門脇小学校の1階部分は津波に破壊され、津波後に発生した火災のために3階まで焼け焦げていた(写真 B1. 17)。また、周辺の建物は土台を残すのみであった。その後、石巻市役所で津波の状況や復興計画などについて聞き取りを行った。

石巻市の人口の約1割にあたる約4000人が亡くなったこと、その多くはこの石巻の市街地の住民であること、石巻市は6つの自治体の町村合併でできているため、同じ石巻といっても三陸のように津波に対する意識が高い地域と、

橋の左側は水産業地区

橋の右側は工場と住居の地区



写真B1.16 日和山より石巻港を見る



写真B1.17 津波後の火災で焼かれた門脇小学校

石巻湾に面する津波意識が低い地域があるという話を聞いた。

(4) 実見の後考えたこと

#### 1) 仙台平野にきた津波

津波伝承のある神社、海岸、高台の裾野等をあちこち見た結論として、津波は仙台平野では海岸から4 km 位入ったところまで到達し、海拔 10m 位のところまで津波の被害を受けたとあってよい。先述したように、1200 年前の貞観津波や 400 年前の慶長三陸津波の再来といえる。

我々を取り巻く世界には様々な危険が存在しているのに、世の中では現在注目されていることに関心が集まり、そのことだけしか考えなくなっている。そのため、ある研究機関が貞観津波や慶長三陸津波が襲来した痕跡を発見し、警

鐘を鳴らしても、ほとんどの人が学術研究成果の一つ程度の関心しか示してこなかった。このことに大きな危惧を感じる。

「山勘」という言葉がある。山勘には理屈がある。どこがどのように危ないかまではっきりは言えないが、何となく危ないの“何となく”を分析し、潜在的な危険を明らかにしなければ、真の防災、減災にはつながらないように思う。

## 2) 三陸と仙台の津波観の違い

三陸と仙台とでは津波観が全く違っていた。三陸のリアス海岸部に住む人々は津波を知り、その津波にどう対応したらいいかを知っている。また、三陸では津波は来るものと考えていた。ところが、仙台平野に住む人々は、地震があっても津波が来るという連想をすることができなかった。仮に津波の情報が出されても、自分たちのところには来ないと考えていたに違いない。そこを不意打ちされ、多くの犠牲者が出たのではないだろうか。

仙台平野と三陸の津波の捉え方という視点で見ると、その境界にあたるのが石巻である。石巻は周辺の地域と 1995 年に町村合併したが、現在の人口は約 15 万人で、そのうち旧石巻市の人口が約 10 万人である。人口の 2.5% の 4000 人近い人が死亡または行方不明となっているのはやはり津波のことを考えなかったり、知らなかったりしたためだろうと考えられる。津波観という考えが非常に重要だという気がする。

## 3) 津波の記憶

A 編で述べたように、人間集団の記憶保持期間はその大きさによってそれぞれ 3 年・30 年・60 年・300 年・1200 年程度と考えられ、仙台平野では 1200 年前の貞観津波や 400 年前の慶長三陸津波の記憶は完全に消滅してしまっていたようだ。

また、津波をリアス海岸特有のものとして日本中の誰もが考え、平坦な海岸線のところに津波は来ないものと思っている。このような見方があったから、貞観津波や慶長三陸津波に関する警告が出ていても、福島原発では誰もそれを取り上げようとしなかったのではないだろうか。日本人の持っている数百年間の経

験や知識が国全体の考え方に強く影響していたような気がする。このことは地震についても言える。やはり人の記憶の保持期間をもう一度きちんと考え直さなければいけない。

#### B1.2.4 先人の教えを守った姉吉

ここまでは被災状況を中心に述べてきたが、本項以降教えを守って津波から助かった例（姉吉）や逃げて助かった例（釜石の奇跡等）について述べる。

宮古市の姉吉地区は重茂（おもえ）半島にあって、姉吉漁港から急な谷底を上った海拔約 60m のところにある。太平洋に面するため、津波が発生すると海水が谷底を駆け上がり、大きな津波被害をもたらしてきた。

その集落の手前に、1933 年の昭和三陸大津波の後に建立された「大津波記念碑」（写真 B1.18）があり、その碑には明治三陸地震津波、昭和三陸地震津波で甚大な被害を受け、姉吉（あねよし）地区の村人のうち前者ではわずか 4 人、後者では 2 人しか生き残らなかったと記されている。**東日本大震災では、最高津波遡上高が 40.5m に達し**、明治三陸地震津波の大船渡市綾里（りょうり）の記録 38.2m を超えた。



写真B1.18 姉吉の大津波記念碑



写真B1.19 遡上限界と流木



姉吉は1996年にも調査に来ているが、震災2か月後の2011年5月6日に再訪した。

「ここより下に家を建てるな」と書かれた大津波記念碑を50m以上離れた上の方に10軒くらいの集落があり、この石碑の教えを守った村人は誰も被災していなかった。



写真B1.20 津波は涯の向こうから押し寄せた

石碑から、下方にある遡上限界までを歩測したが、100mくらいあった。そこからさらに遡上した津波によって発生した流木群（写真 B1. 19）を見ながら下っていくと、姉吉の海岸が見えた。右も左も崖で囲まれ、太平洋の海が遠くに見える（写真 B1. 20）。津波が襲った高さまではすべてのものが流され、岩肌がそのままむき出しになっていた。海から水の壁が押し寄せてきたすさまじい光景が脳裏によぎり、りつ然とした。

### 【補足-B1.3 言い伝え】

言い伝えだけでは皆の深層心理にまで入り込んでいない。「歌にする、絵本にする、子どものゲームにする、学校の教育訓練や運動会の競技にする」などの工夫が必要で、このような形で生活に入っていないと途絶えてしまうのである。

宮古市姉吉のように石碑の言い伝えを愚直に守り、一人も死んでいないところもある。しかし、津波が来た直後は石碑があるところまで津波が来たと言いはやすいが、時間が経つにつれてこんなところに石碑があるのは不便だと道路工事をするとともに石碑が移動し、最後には消えてなくなるという話は数多くある。三陸は水産業で生きている。高いところに住んで水産業をする人だけが車で海に行けばいいという考えもあるが、そういう不便なことが常に実行できるとは思えない。

### B1.2.5 釜石の奇跡

2011年5月7日に、東日本大震災で18.3mの最大津波浸水高を記録した釜石市の両石湾を実見した。高さ9mのブロックでできた防潮堤がことごとく破壊され、甚大な被害がでた(写真A2.12)。その様子は、宮古市田老の第2防潮堤とまったく同じであった。

ここで偶然に群馬大学の片田敏孝先生(当時)に会った。片田先生は釜石の小・中学生に「想定にとられるな」、「最善を尽くせ」、「率先避難者たれ」という津波教育をしていた。

この後、実際に「釜石の奇跡」の舞台となった鶴住居(うのすまい)に行った(図B1.3)。隣り合う釜石東中学校、鶴住居小学校の児童・生徒が地震発生とともに片田敏孝先生の教えを実行し、近隣の住民を巻き込み、お互いに助け合いながら避難し、小・中学生約570名全員が無事に避難できたのである。

鶴住居小学校の3階に軽自動車が引っかかっていた(写真B1.21)。校庭は瓦礫置き場になっていて、何か空恐ろしい別次元の世界に入ったような異様な感じがした。小・中学生が避難した道を歩いてみたかったが時間がなく、マイク



写真B1.21 被災した鶴住居小学校

ロバスでたどってみた。小学校から避難場所に向かって移動をはじめ、そこでは危ないと判断して次々と避難場所を変えていったというが、途中まではほぼ平らな場所である。想定にとらわれずに自分たちですべてを判断しなければならないとの教えを実践したことの成果であり、よく逃げたものだと感じた。

### B1.2.6 JR 常磐線新地駅での乗客避難誘導

震災から半年後の2011年9月に、約40名の乗客を無事避難場所に誘導した相馬警察署の警察官、齋藤圭氏（27歳）と吉村邦仁氏（23歳）など関係者が、震災当日の避難誘導経路実見のため現地に集合した。

以下、実見の様子を述べる。

#### (1) 避難経路の実見

相馬駅長から津波とその後の状況を説明してもらった後、両巡査の案内で、津波当日の避難経路に沿って歩いた（写真B1.22、図B1.7）。

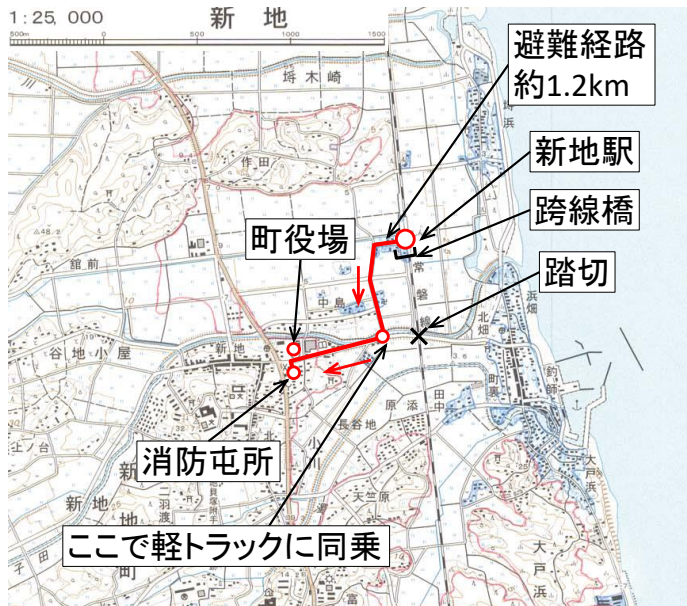
新地駅は駅前に数軒の家があるだけの田んぼの中の駅である。地震で、列車は新地駅に停車した。乗務員3人とたまたま

乗り合わせていた前述の警察官2人が相談し、乗務員は列車の停止措置をするために駅に残り、警察官2人が乗客約40人を誘導して避難することになった。先頭を若い方の吉村巡査が、しんがり年長の齋藤巡査が務め、乗客全員を挟んで新地の町役場の方向に誘導していったという。約40人の乗客の中に体の不自由な人がいて、その人は家人に迎えに来てもらうから置いて行ってくれと言ったそうであるが、警官2人は全員を無事に避難させたいとその人を説得したそうだ。



写真B1.22 2人の警察官に説明を聞く筆者





図B1.7 警官が乗客を避難誘導した経路

まず西に100mほど歩き、南に向きを変えて300mほど行ったところでまた西に折れる。そこから役場までは約600～700mである。斉藤巡査は体の不自由な人を助けながら歩いたため、一行からだんだんと遅れたそうである。

斉藤巡査たちが小川の上を通り過ぎたところで津波が迫ってくることに気づき、たまたま通りかかった軽トラックの荷台に体の不自由な人と一緒に乗せてもらって、かろうじて標高約13mの消防屯所の駐車場まで逃げる事ができたそうである。

乗務員は列車を止める措置をした後もそのまま駅に留まっていたが、津波が来るのに気付いて跨線橋に登ったようだ。津波によって停車していた電車は“くの字”に折れるような強い衝撃を受けたが、跨線橋はかろうじてその形を保っていた(写真B1.23)。乗務員3人は首まで水に浸かったが、そこで津波が引き、かろうじて助かったそうである。

2011/3/15撮影  
JR東日本提供



写真B1.23 常磐線新地駅で津波で流された電車

## (2) 避難誘導について

相馬警察署の2人の警察官の適切な判断によって、40人もの命が救われた。津波に対する教育は特に受けてはいないが、人の命を救うことが自分たちの仕事と考え、それぞれの状況に応じた判断をして誘導したと言っていた。

新地駅から海を背にして見回すと、北西に約 500m 離れたところに小高い丘があり、そこに民家が数軒建っている。また、南西の方向に 1 km ほどいったところに新地の町役場がある。警官のうちの一人、吉村巡査はこの新地町の駐在をしていて土地勘があったので、町役場の方向に逃げるのが適切だと判断したそうである。

近くの高台でなく、なぜ遠くの町役場の方向を目指したのかと2人の警官に尋ねたところ、避難後の連絡などの事後対応を考えたそうである。重大な事態が迫っているときに、よくこれだけの判断をし、実行したものだと感服した。

## (3) 職業観について

新地での若い警官の判断と行動は立派で、たった一日の行動で一生分の仕事

をしたようにさえ思われる。同じことが多くの殉職消防団員にも言える。彼らの職業に対する姿勢を考えると、献身的な働きをすること、社会の預託の強さを感じ取ること、責任感を持つこと、など多くのことについて考えさせられる。

しかし、新地のケースとは逆のことが現実には多数起っている。

救助しようとするれば被救助者も救助者も死ぬとわかっているとき、上司が「助けに行ってはいけない」と命令するのも責任感の発露の一つである。命令により救助を断念した警官や消防士・消防団員は自分の責任ではないと考えることができ、それによって自分の心が救われるのである。

年長の齋藤巡査は避難の途中で家族を助けに海の方に行こうとしている2～3人と出会ったという。齋藤巡査が「津波が迫っているから、助けに行ってはいけない」と言ったら、「それでも自分は年寄を助けに行きたい」とその人たちは主張したそうである。そこで、私服姿の齋藤巡査が警察手帳を提示して説得したところ、その人は助けに行くのをやめて避難したそうである。後に「自分も助かったが、自分が助けようとした人も助かった、両方が生きていられるのも警官のお蔭だ」という礼状が警察にきたそうである。

#### 【補足-B1.4 街道と鉄道】

旧街道は津波の到達地点の西側の縁に沿っていて、新地町の消防屯所は旧陸前浜街道（現国道6号線）に面している。慶長三陸津波を受けて、伊達政宗の時代に津波が来ても街道が流されない位置に移動したそうである。

これに対し、明治以降に作った鉄道は仙台の近くでは旧街道に沿っているが、相馬に近づくにつれて海岸寄りをするようになる。そのため、常磐線の亘理（わたり）～広野間は津波による直接被害と津波によって発生した福島原発事故の両方の被害を受けることになる。これは、鉄道を常に最も大勢の人間が住んでいるところを通そうとすることから来ている（図B1.8）。

人は便利な所に住む。そこに鉄道を通そうとすると、駅は不安全な所にならざるを得ない。新しく作られるものは、過去に遡って津波などの危険を考えに入れることをせず、そのとき生きている人間の利便の方に重心が置かれるという見方が必要である。

## B1.3 歴史津波伝承地実見

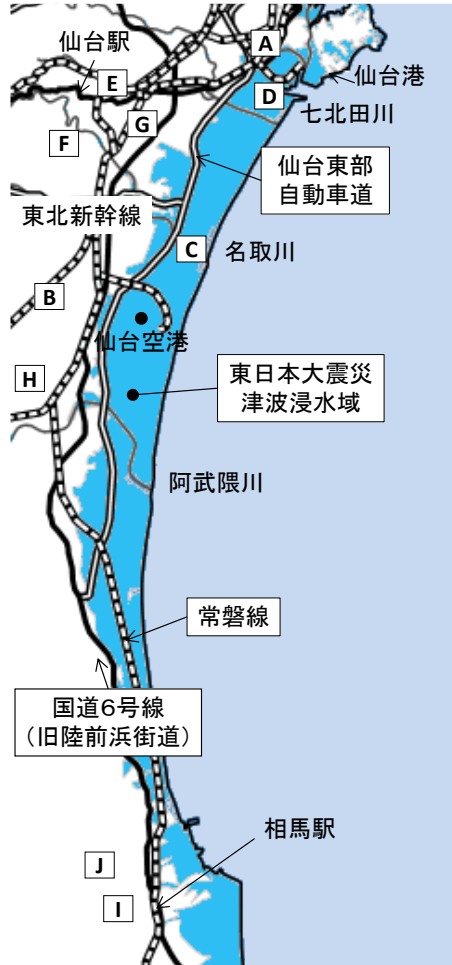
震災半年後の2011年9月に、現名古屋大学の武村雅之教授の案内で、貞観津波と慶長三陸津波の伝承地12か所を実見した(図B1.8)。12か所もあるのにまず驚いた。

貞観津波伝承地が、図中「A」で示す多賀城市の末の松山と沖の石、「B」名取市の清水峯(すずみね)神社、「C」名取市の湊神社と仙台市の五柱(ごちゅう)神社の5か所で、慶長三陸津波伝承地が仙台市の「D」念仏田地蔵、「E」浪切不動、「F」蛸薬師、「G」浪分神社、「H」岩沼市の千貫神社、相馬市の「I」中村城跡と「J」諏訪神社姥(うば)杉の7か所である。

12か所もあるので、本書では貞観津波と慶長三陸津波についてそれぞれ1か所ずつ紹介する。

### B1.3.1 貞観津波伝承地

多賀城市の住宅街にある「末の松山」を実見した(写真B1.24)。百人一首「契りきなたみに袖を絞りつつ 末の松山



図B1.8 歴史津波伝承地実見箇所

波越さじとは」に出てくる「末の松山」で、その山裾まで津波が来たというので行ってみた。

近くの商店や会社などは復旧していたが、建物には地面から高さ 2m位のところに津波の痕跡があった。この程度の浸水ならば家は流されず、修理すればまた使えるようになるということらしい。

歌の中の「波」とは貞観津波のことであるが、東日本大震災でも、貞観津波同様、末の松山は「波越さじ」であった。

### B1.3.2 慶長三陸津波伝承地

慶長三陸津波の伝説が残る「黒木諏訪神社」に行った。黒木諏訪神社は小高い山の麓にあり、社殿は道路から約 10m 位上ったところにある。大銀杏や夫婦杉は残っていたが、伝説に出てくる推定樹齢約 500 年の「姥杉」という巨木は伐採されていた（写真 B1.25）。

宮司によると、津波で流された船が繋がれたという言い伝えがある姥杉は標高 15m 程度で社殿の脇にあったが、東日本大震災の地震の揺れで擁壁が崩れて社殿に倒れ掛かる恐れがあるため、やむなく伐採したそうである。擁壁を作り直して姥杉を残そうとすると費用がかかり過ぎ、この神社の氏子約 600 世帯で



(a) 小高い丘があり、松と碑があった

(b) 末の松山の説明板

写真B1.24 末の松山





写真B1.25 相馬市黒木諏訪神社姥杉跡

負担するのは無理が多いとあきらめたそうだ。残念なことだが致し方ない。

## B1.4 実見追記

ここでは、実見の後に感じたこと、考えたことについて述べる。

### B1.4.1 津波について

#### (1) 津波のエネルギーと挙動

津波とは“水面が高くなり押し寄せてくる垂直方向への盛り上がり”，そして海底が浅くなるに従って波の進行速度が遅くなるので後から来た波が重なり，“波頭のところでは壁になる”と考えていた。

被災地に行ってみると、津波とは静的に盛り上がっていくよりも、水平方向

にもものすごい速度で走ってくる水の固まりと考えるのがとても大事だということがわかった。水深 100m くらいのところで、水平方向の速度がデジカメの写真と地図上の位置から 115km/h と実測されたという記事があった。つまり秒速 30m のものすごい速度で海から水平方向に進んできたことになる。

釜石湾口防波堤のように防波堤を海の中に作っていたとしても、水深が約 60m と仮定すると時速 86km、つまり秒速 24m にもなり、この速度でぶつかれば防波堤を軽々と乗り越えてしまうし、それにかかる運動エネルギーを計算すると  $1\text{ m}^2$  あたり 60t 位のとんでもない大きな力になる。津波を波として見るのではなく、水平方向に走る奔流と考えないといけない。

リアス海岸では、このような勢いで走ってきた津波が川の河口から谷間に向かってどンドンと駆け上がっていく。今回の津波の最高遡上高さが宮古市姉吉の 40.5m と発表されているが、ものすごい速度で水平方向に動いてきたことがわかる。また壁に当たったときの力の大きさと、越流による洗掘とを考え合わせれば、9m の高さのブロックが滅茶苦茶に壊れていた両石湾の防潮堤の破壊も理解ができる（写真 A2.12）。頭の中に持っているモデルを変える必要があることがわかる。

### 【補足-B1.5 津波のエネルギー】

津波がぶつかるときは運動量変化と力積の関係で式を作れば良いし、駆け上がるときは運動エネルギーと位置エネルギーの変換で見れば良い。

たとえば、30m/sec で来た波は高さにすれば 45m の位置エネルギーを持つことになるが、実際は半分くらいの高さでとどまっている。これは陸に近づいて浅くなった海底の抵抗や、陸に上がって津波に巻き込まれた岩石や材木その他の瓦礫などによって谷の底との間の摩擦が大きくなるためと考えられる。

## (2) 津波は発生場所・発生原因により様々に異なる

ここまでは、海溝型地震で、プレート境界付近で発生した東日本大震災の津波について専ら述べてきた。

しかし、津波の発生場所や発生形態は様々で、例えば海底火山の噴火や海山の山体崩壊、海底の活断層地震によっても津波は起きる。また、1792年の「島原大変・肥後迷惑」では、雲仙普賢岳の噴火がきっかけで、島原にある眉山が山体崩壊した。そのときに発生した大量の土砂が島原湾に一気に流れ込んで大津波となり、対岸の熊本が大被害を受けている。一方、2011年の紀伊半島土砂災害では、十津川村・長殿で大規模な河道閉塞で生じた天然ダムに土砂崩れが起き、津波が発生している。

1958年のアメリカ・アラスカ州リツヤ湾の大津波は、フィヨルドであるリツヤ湾の斜面が地震で崩落し、湾に落ち込んだ大量の土砂や氷塊によって生じている。波高は対岸で524mに達し、観測史上最高とされている。

このように、東日本大震災と発生場所やメカニズムがまったく異なる津波の場合は、これまで述べてきた東日本大震災の常識が必ずしも当てはまらないので、注意を要する。

#### B1.4.2 町の再建について

町の再建について「復旧」や「復興」など色々な言葉が使われているが、どういう考えが良いのかを考えてみる。

「復旧」は元に戻すことである。これは一番安易な方法だが、これでは災害から学んだことにならない。これに対し、「復興」と考えるのは再び元気よく動くことになるので正しい。地域が自立することが大事であり、そのためには産業が振興しなければならない。しかし、従来型のことをただ再び行うという考え方ではたぶん頓挫するだろう。

岩手県大槌町で古い漁協が解散し、新たな漁協を作るという話を聞いた。大槌町では津波が来る前に漁業の衰退が進行し、従来型の漁業が立ち行かなくなって、漁協は多くの問題を抱えていた。その状況に、とどめを刺したのが津波なのではないだろうか。これは大槌町だけの問題ではなくて、日本全体が高齢化し、人口が減り、若い人たちが将来を託すことができないでいる状況にあっ



て、単に個人が努力したり、頑張れば解決する問題ではなく、日本の産業全体のあり方から大きく変えていかないと復興することもできないのではないかという気がする。

町全体を高台に移転する計画があるが、生産活動とともに住む、消費するということが混然一体となっていなければ、町は動かない。“町”とはすべての人の活動の集積として出来上がっているものであり、ある一つの特性を持っている人だけを集めた町を作っても成り立たないように思う。

「多摩ニュータウン」という東京近郊の町が今から 40 年ほど前に新しい世代の人が住むところだということで大いにもてはやされた。しかし、団塊の世代が退職した現在、多摩ニュータウンは活気の無い老人の町になってしまい、どんどん人が離れている。このように同種類の人だけを集めて町を作るということ自身が大きな間違いなのではないかという気がする。

筆者は今、簡単に答を見つけることはできないが、「復興」でもない、「復旧」でもない、「再建」という言葉はどうだろうかと思う。人が動けるようにしながら、将来フレキシブルに変えることができる概念で動いていくのでないと、後に禍根を残すのではないかという気がする。

#### 【補足-B1.6 人口減少は被災地だけではない】

総務省が住民基本台帳に基づいて行った 2016 年 1 月 1 日時点の人口動態調査によると、日本の人口は 7 年連続で減少していて、その率は▲0.22%である。

減少率が最も大きいのは秋田県で▲1.29%、青森、山形と東北 3 県の後、高知県、和歌山県となっていて、東日本大震災被災地である岩手県の人口減少率▲0.91%は 6 番目である。同じく福島県は 17 番目である。

宮城県の減少率は全国平均の▲0.22%で、減少率が少ない方から数えて 10 番目である。被災地人口には、復旧・復興工事に従事している人の一部が算入されているのでその分を差し引いて考える必要はあるものの、被災地より人口減少が激しい地域が数多くあるのが日本の実態である。被災地の人口減少の理由を安直に津波のせいにはならない。

### B1.4.3 神社について

津波被災地の神社には2種類ある。海辺にあった小さな仮の祠のようなものと古くから神社としてずっと続いている津波伝承の残るものである。

仮の祠を建てるのには、神社が津波で流された後、神社がそこにあったという記憶を繋ぎ止めておきたいという住民の意思が働いているように思う。

一方後者は、10m程度の標高のところに入りの鳥居があり、そこから高台や小さな山に登る階段があつて、その上に社があるという構造だった。津波到達の辺縁のところには神社が分布しているのである。するとすぐに津波の最終到達地点を知らせるために神社が建っている、または避難所として神社ができていてと解釈してしまうが、それは怪しい。集落があるとその近くに必ず神社がある。しかし、何百年～千年に1度という大津波が来て、津波に襲われた地域の神社は皆流されてしまい、今私たちが観察しているのは、過去の大津波にも残った神社であると考えべきである。

大槌町の避難所になった大槌稻荷神社は、津波の到達したところからさらに数m上った高台に設置されている。この高台は安渡の集落の方に突き出した形となり、避難所として最適な場所にある。宮司の話によると、これまでここが避難所として使われてきたことを知らなかったが、火を炊くために土を掘ると土が赤く焼けていたため、ここが昔から避難所として使われていたということに思い至ったという。おそらく宮司が考えた通り、昔から大槌が津波の被害に遭うとここに避難して煮炊きをしていたのではないか。結局、そういうところにある神社だけが今日まで残ってきたと考えられる。

### B1.4.4 道路復旧とくしの歯作戦

広範囲に渡る大量の被災者の救難救助には、空からだけでは不足で、地上からの警察、消防、自衛隊などによる一斉対応が求められる。さらに、それをサポートする大量の物資輸送も必要となる。

そこで、震災直後の道路の復旧・開通がどのようになされたのかをみしてみる。

## (1) 高速道路

震度6弱以上の揺れに襲われた高速道路は、岩手県八戸道の軽米インターチェンジ（IC）から千葉県東関東自動車道の大栄 IC まで約 2,300km の区間が通行止めになったが、緊急車両の通行帯確保対策を最優先で行った結果、発災から約 20 時間後には東北道の浦和 IC～碓ヶ関 IC 間、常磐道の三郷ジャンクション（JCT）～いわき中央 IC 間、磐越道の津川 IC～いわき JCT 間など約 1,000km が緊急交通路として確保された。また、震災から 11 日目の 3 月 22 日には緊急交通路に指定されていた区間の大型車への一般開放がなされ、その 2 日後の 24 日には、常磐道の一部区間を除くほぼ全線の通行止めが解除され一般車の通行が可能になっていて、この短時間の開通には世界が驚くほどであった。

## (2) 一般道路「くしの歯作戦」

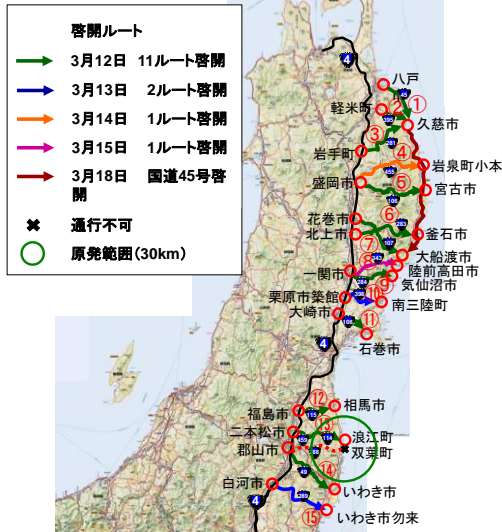
一般道路のうち国土交通省東北地方整備局（以降国交省、東北地整と略す）が行った「くしの歯作戦」について述べる。

高速道路がいくら早く復旧しても、これと津波被害を受けた沿岸部を結ぶ一般道が開通しなければ、陸路での大々的な救難救助や救急救命活動ができない。一刻も早い開通が望まれているなか、東北地整は続発する余震に注意しながら 24 時間体制で道路啓開（道路を開通させること）を行い、翌日には 11 ルートを開通させた（図 B1.9(a)）。

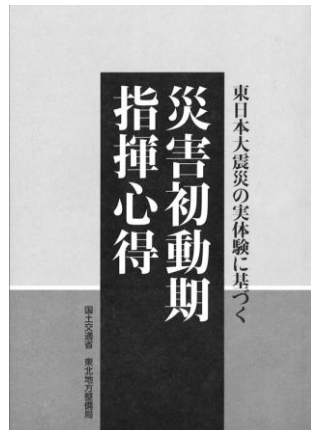
国交省のこの時の経験をまとめたのが「災害初動期指揮心得」で、それがその後の自然災害でも大いに役立っている（図 B1.9(b)）。これは、国交省関係者が、東日本大震災を実体験した者にしかわからない「経験知」を共有し、想定される首都直下や南海トラフ地震などの大規模災害に対して備えられるように東北地整が編集したものである。「備えていたことしか役には立たなかった、備えていただけでは十分ではなかった。」と総括している。

なお、ここでも筆者らは、災害当時の東北地整の局長に来てもらい、当時の緊迫した対策本部内の動きや関連部署との連携作業、長期間にわたる不眠不休

### <「くしの歯」作戦実績>



(a) 「くしの歯」作戦図



(b) 災害初動期指揮心得

図1.9 くしの歯作戦と災害初動期指揮心得

の道路復旧や被災者対応などについて説明を受け、議論している。

### 【補足-B1.7 空からの情報収集】

上述のような災害初動期の迅速・的確な作業には、空からの情報収集が欠かせない。  
東北地整は、所有する防災リコプター「みちのく号」でこの点でも優れた対応をしているので、前述の「災害初動期指揮心得」から引用紹介する。

東北地整では、平均発生間隔が約 38 年で繰り返し発生している宮城県沖地震を想定し、仙台空港で待機する「みちのく号」の運行委託会社との間に専用回線を引き、職員が仙台空港に向かう 1 時間の間に、まずクルーだけで仙台市内を点検するケースを訓練していた。また、緊急時に迅速に飛び立てるよう、「みちのく号」の前方には他機を駐機しないなど訓練時の課題を改善し、準備を整えていた。

こうした訓練ルールのもと、東北地整は東日本大震災発災後 10 分以内に運行委託会社に緊急発進を指示した。会社側も指示が来るものと考え、揺れている最中から離陸準備をしていた。緊急指示を受け、地震で壊れた格納庫のシャッターを撤去して、クルー

だけが乗った「みちのく号」は仙台空港を飛び立ち、仙台市街火災発見報告、七北田川津波遡上発見報告、仙台空港冠水報告、福島第一原子力発電所津波被害報告など一連の重要な情報をいち早く東北地整に届けている。

## 【補足-B1.8 大津波に対する思いと仮設住宅住まい】

筆者らが、1995年の三陸地方津波被災調査で偶然知り合ってから、大槌町を実見する度に案内をしてもらっている岩手県大槌町のS氏に、東日本大震災から8年経った大津波に対する今の思いと仮設住宅住まいについて述べてもらった。

### ① 大津波

氏によると、「遂に大津波が来たか!」と言うのが率直な思いで、意外と冷静に受け止める事が出来たそうである。小さい頃から、親や学校から「地震があったら津波と思え!」と教え込まれていたので、生き延びる事が出来たとも述懐している。

当初は、復旧活動等に夢中で後先を考える余裕もなかったが、少し落ち着くと、職場の経営破綻による将来不安など、厳しい日々の連続だったそうである。震災から8年経ってようやく自宅の再建が始まったが、希望した高台ではなく、しかも、震災後にやっと見つけた職場が閉鎖になって再び職探しをしなければならなくなるなど、目に見える物の復興は進んでいるものの、本人の心の復興は進んでいないのが実態のようである。

それでも最後に、「津波はまた来るかも知れません。“想定外を想定した危機意識”を持って生きていきたいと思います。」と力強く宣言していた。

### ② 仮設住宅

仮設住宅についても、率直な感想を求めたところ、「建ててもらっているのに言うのも申し訳ないが」と断った上で、「仮設住宅は狭くて息苦しい。例えば、茶の間でも寝起きするため、家族一人が寝れば寝なければならぬし、一人起きれば起きなければならぬ等プライバシーの確保も難しく、親子であっても気を遣う状態です」。

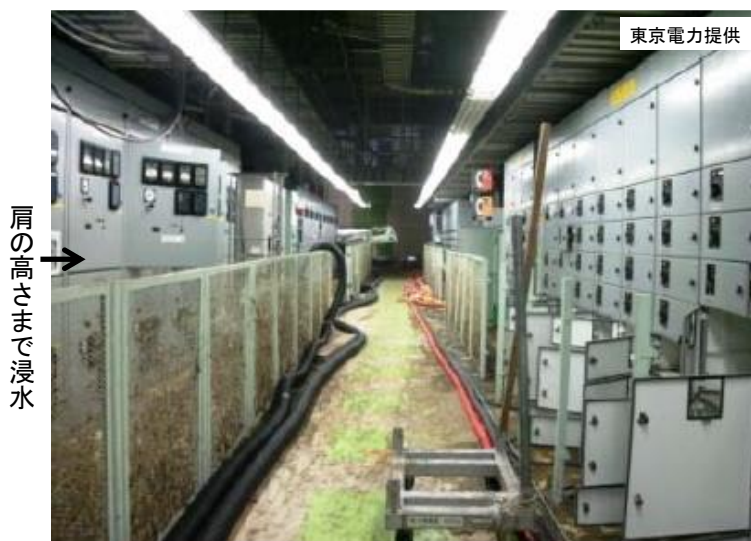
「住宅メーカーによって居住環境に差があり、寒さや騒音を感じない仮設、寒くて騒音も聞こえる仮設と様々でした。その様な仮設住宅暮らしも間もなく終わり再建した自宅に入居しますが、仮設住宅暮らしの経験も活かしながら生きていきたいと思っています。」とのことであった。

最後に、「多くの皆様からいただいたご支援や励ましに感謝致しますと共に、私の経験と教訓を一人でも多くの方々に、災害で被災しないように、被災したら如何にすべきかを語り継いでいきたいと思っています。」と決意を述べていた。

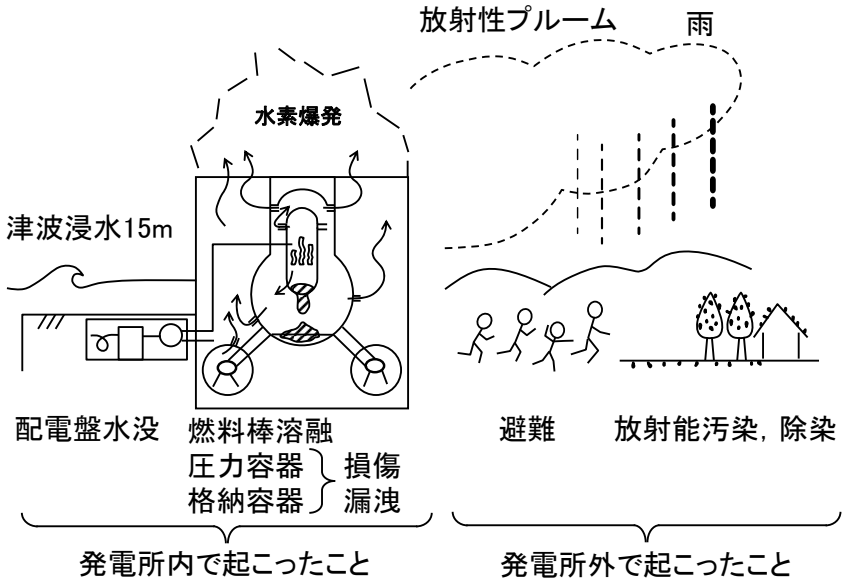
## B2. 福島原発事故と避難・除染・帰還

通常運転中であった福島第一原子力発電所の1～3号機は、2011年3月11日14時46分頃に発生した東日本大震災の震度6強の地震の強い揺れを感知し、緊急停止した。同時に、地震の強い揺れによる停電によって「外部電源」を喪失したため非常用発電機が自動的に起動し、非常時冷却システムが作動を始めた。このままの状態が維持できている間に「外部電源」が復旧し、津波が来なければ、通常の原子炉停止と同様に1～3号機は安定な冷温停止状態に至っていたはずで、ここまではすべて設計された通り順調に推移していた。

すべてを狂わせたのが地震発生約50分後に発電所に襲来した第2波の津波で、これによって原子炉建屋1階と地下1階にあった配電盤が水没して電気を流したくとも流せない状態になり、共用プール建屋にあって水没を免れた2、4号機用の空冷式非常用発電機各1台も用をなさなくなった（写真B2.1）。



写真B2.1 1号機用高圧配電盤の被災状況



図B2.1 福島原発事故で起こったこと

そのため先の地震による「外部電源喪失」と合わせ、いわゆる「全電源喪失」に至った。また、海側にあった海水ポンプが流出し、系内の熱を海に逃がす機能も喪失した。

これらの悪条件に 1号機の非常用冷却システム不動作が重なって同機が短時間でメルトダウンし、翌12日には原子炉建屋が水素爆発を起こした。この爆発によるガレキの散乱などによってほとんどの緊急作業が振り出しに戻ってしまったことが影響し、3号機がメルトダウンした。次いで3・4号機の原子炉建屋が水素爆発を起こし、最後まで残った2号機もメルトダウンした。 ウェットベント（原子炉格納容器からの排気ガスを水に潜らせることによって放射性物質を除去する方法）ができずに原子炉格納容器に大きな負荷がかかった 2号機は水素爆発は起していないものの、格納容器のシール部が大きく損傷し、放射性物質を大量に放出した。この2号機から放出された大量の放射性物質の

影響で、大勢の人が長期にわたる避難を余儀なくされている (図 B2. 1).

さらに大きな問題は、除染や帰還判断のまずさもあって、住民の帰還率が極めて低いことである。

以下、福島原子力発電所の構内外で何が起こったか、この大事故がなぜ起こったかについて順に述べる。いずれも、筆者が委員長を務めた東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（政府事故調）の報告書の内容とその後の危険学プロジェクト活動で得られた知見や知識がもとになっている。

なお、原発事故についてはA編でも述べているので、参照されたい。

#### 【補足-B2.1 4～6号機の状況】

同一敷地内にある4～6号機は定期点検中であった。そのうちの4号機は、ダクトを通じて3号機から流れ込んだ水素によって原子炉建屋が水素爆発を起こした。

5, 6号機は少し離れたところにあって敷地も13mと1～4号機の10mよりわずかに高く、同じように津波被害を受けたが、6号機の非常用高・低圧配電盤、空冷式非常用発電機ならびに直流電源が津波による水没を免れた。そのため、電源を共用できた5号機を含めシステムの安定維持ができ、問題を生じていない。

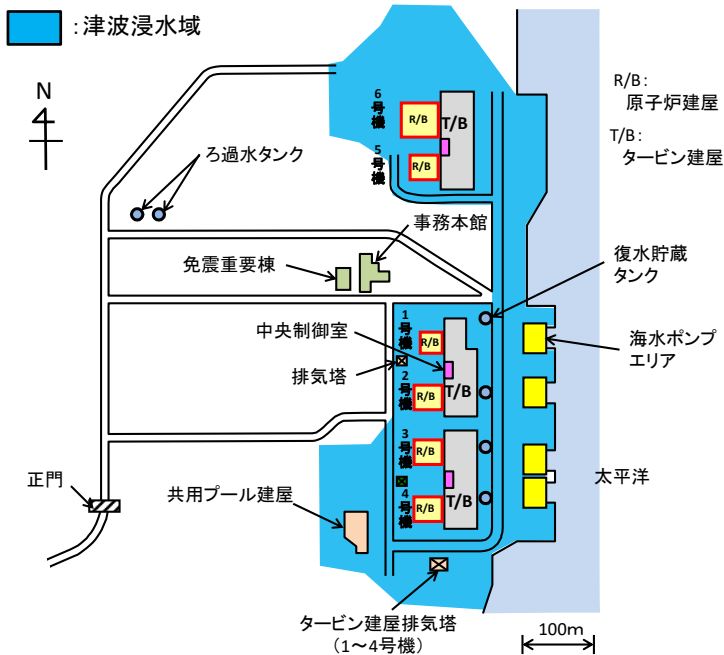
#### 【補足-B2.2 原子力発電所内津波浸水域】

図 B2. 2 は、福島第一原子力発電所の平面図に大まかな津波浸水域を記入したものである。

原子炉は海に平行に、南北に並んでいる。北から順に6, 5号機があり、少し南に下って1, 2, 3, 4号機が配置されている。原子炉より海側に海水ポンプエリアがあるが、この一帯は津波で壊滅的被害を受けている。原子炉のすぐ山側に非常用電源を装備した共用プールがあるが、ここも津波被害を受けている。

さらに山側には正門があって、この付近に放射線量を計測するモニタリングポストがある。また、1号機と5号機の間には事務本館があり、その山側に免震重要棟がある。この免震重要棟が、事故後の発電所構内の最重要拠点となるが、詳細は後述する。





図B2.2 主要施設平面図と津波浸水域

## B2.1 原発構内で起こったことー過酷事故

福島第一原発内で何が起こったかを述べる前に、表B2.1に、今回の事故が及ぼしている影響を示す。避難者数はピーク時に比べれば減ってはいるものの、人口の約4割にあたる人への避難指示が解除された2017

表B2.1 事故の影響

(1) 避難者数(東日本大震災関連者を含む)	
・2012年のピーク時 :	約16万5千人
・2017年4月1日 :	8万人弱
(人口の約4割, 対象区域の約7割が避難指示解除)	
(2) 廃炉費用および賠償費用(2016/12/9経産省発表)	
総計	約21兆5000億円
【内訳】	①事故コスト 8兆円
	②賠償費用 7兆9000億円
	③除染費用 4兆円

※ 事故コスト: 廃炉, 汚染水対策など

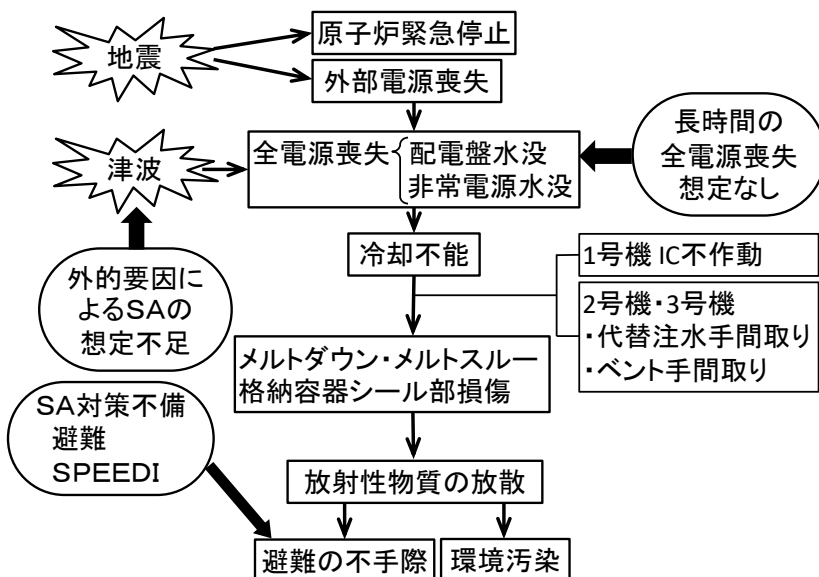
年4月1日でも8万人弱の人が避難を余儀なくされている。

同表に、2016年12月9日に経済産業省が発表した廃炉費用および賠償費用の総額と内訳を示す。2013年に発表された総費用約11兆円の2倍近くになっている。これでも発表時点での見込みであってまだまだ増える可能性が高い。

### B2.1.1 事故の概要

原発は、緊急停止後も燃料棒から発生する崩壊熱を除去する必要があるが、津波で全電源を喪失し、崩壊熱を逃がす海水冷却システムも機能不全に陥ってしまった。非常用冷却システムが作動している間に原子炉冷却のための代替注水や格納容器の圧力上昇を防ぐためのウェットベントを行いつつ仮設電源を早急に復旧する必要にせまられた。

ところが、1号機は非常用復水器（IC：Isolation Condenser）が作動せず、全電源喪失後約8時間という短時間のうちにメルトダウンした。さらに水素爆



図B2.3 福島第一原発事故の全体像

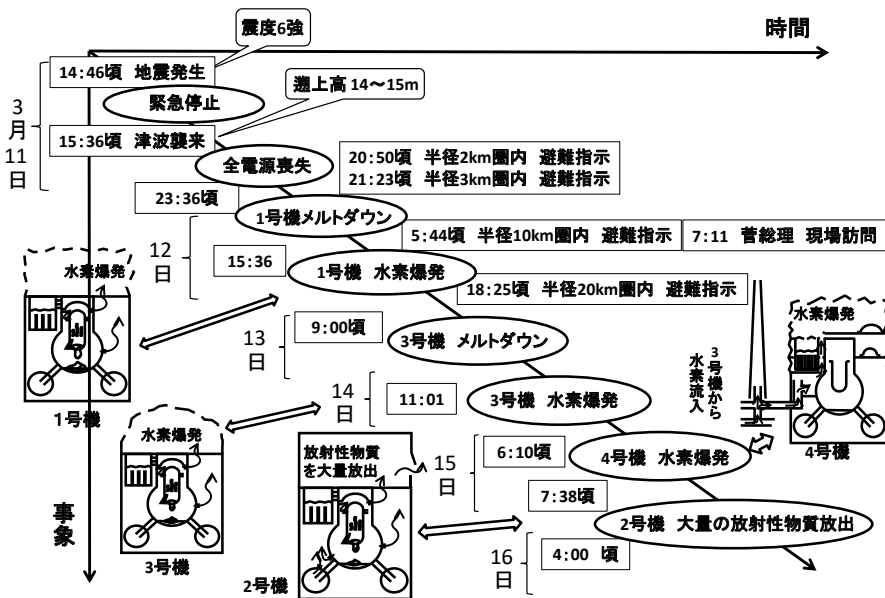
発を起し、それまでの緊急作業を振り出しに戻ってしまったため、連鎖的に過酷事故を引き起こして2号機の大量の放射性物質放出事故に至ったことは既に述べた。

この事故は、まさに津波などの外的要因による過酷事故 (SA:severe accident) に対する想定不足が原因で引き起こされたものといえる。その上、過酷事故で最も重要な避難対策がまったくなされていなかったため、多くの人に不必要な避難や無理な避難を強いて被害を一層深刻で大きなものにした (図B2.3)。

### B2.1.2 事故の推移

地震の発生から2号機の放射性物質の大量放出に至るまでの原発事故の推移を、図B2.4の段階進行図で示す。

全電源喪失後、1号機、3号機、4号機、2号機の順で、狭い敷地内でメル



図B2.4 福島第一原発事故の段階進行図

トダウン・メルトスルー、水素爆発、大量の放射性物質放出というとてもない重大事故が連鎖的に起こっている。また、事故の初期段階で、状況が十分掴めないまま矢継ぎ早に政府・自治体から避難指示が出されたが、指示の誤りや伝達遅れ等によって犠牲者も増えた。避難については後述するが、事態の進行との関連を理解してもらうため、図 B2.4 に合わせ示す。

### B2.1.3 2号機が大規模避難の元凶

福島原発事故はチェルノブイリ事故と違い、核分裂反応は停止しているし、炉心爆発はしていない上に外側には格納容器がある。

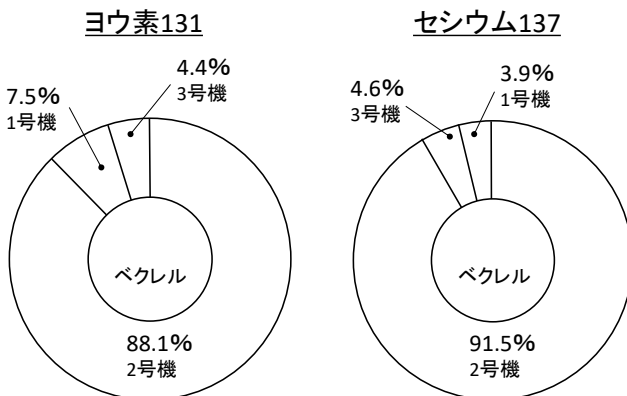
そのため、事故による核燃料と固形放射性物質の放出は極めて限定的で、広く環境に放出されたのは揮発性放射性物質であるヨウ素 (I) とセシウム (Cs) である。これが、これから述べる避難、除染、帰還に大きく関わってくるので、本書ではこれを主対象に述べる。

ヨウ素の半減期は短いもので数時間、長いものでも8日間である。一方セシウムの半減期は、Cs-134 は2年と短い、Cs-137 は30年と長い。そのため、Cs-137 の飛散量が住民の帰還に最も影響を与える因子となる。

図 B2.5 に、子供の甲状腺がんに関係する I-131 と住民避難に関係する Cs-137 の1～3号機からの放出割合（推算値）を示す。I-131 では全放出量のうちの88.1%、Cs-137 では全放出量の約91.5%が2号機から放出されている。一方、原子炉建屋が水素爆発を起こした1・3号機からの放出量は、起こしていない2号機と比べわずかである。水素爆発が放射性物質大量放出の原因のようなマスコミ報道は誤りである。

### B2.1.4 免震重要棟と消火系注水設備

事務本館のすぐ山側に免震重要棟があって、ここが発電所対策本部となった（図 B2.2&写真 B2.2）。この免震重要棟は2007年に発生した中越沖地震で柏崎・刈羽原子力発電所が甚大な被害を被った教訓を生かしたもので、東日本



出典：原子力安全・保安院発表の推算値

図B2.5 1～3号機からのヨウ素とセシウムの放出割合

大震災発生のおよぼ8か月前に完成している。事故後の重要拠点で、もしこれ  
がなかったら高放射線量下の発電所構内で人が滞在できる場所がなく、構内  
での緊急事故対応がほとんどできなかったと思われる。

同じく、タービン建屋の非常時用冷却設備である消火ポンプと注水口も今回の事故では重要な役割を果たした。このうちの消火ポンプはAM（アクシデント  
マネジメント）策として原子炉の冷却用に設置していた。これに加え、2010年  
6月、つまり事故のおよぼ9か月前にタービン建屋外壁に消火系につながる注  
水口を増設していた。そのため、原子炉冷却のための代替注  
水が可能になったのである。

もし、この2つの設備がなかったら、福島原発事故の結末は  
さらに悲劇的なものになって  
いたと思われる。まさに幸運で  
あったとしかいいようがない。



写真B2.2 免震重要棟

## B2.2 原発構外で起こったこと一避難

ここまでは、発電所構内で起こったことを述べてきたが、ここからは発電所の「外」で何が起こったかについて述べる。

### B2.2.1 混乱を極めた避難

東日本大震災と福島第一原子力発電所事故が同時発生した今回の巨大複合災害は、その規模の巨大さゆえに現場が大混乱し、情報の不足や途絶、さらには誤報などが入りまじることによって、すべての組織中枢が一時錯乱状態に陥っていたのは間違いない。

一方住民側は、何が起こったかわからないままに政府や自治体が出す矢継ぎ早の避難指示に従って避難を強いられたため、混乱が混乱をよび、日を増すごとにそれが増幅していった。

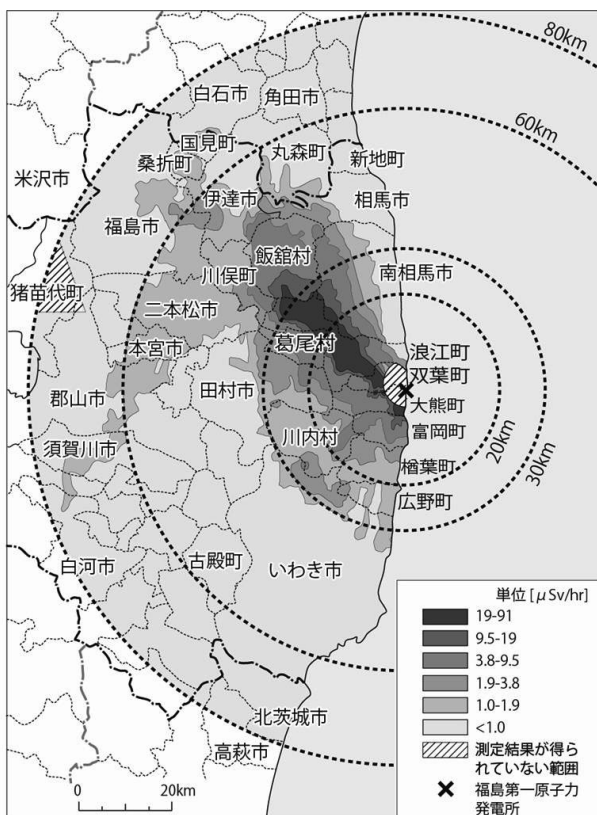
最初に、各種報道から得られた事故当時の混乱した避難状況の一部を紹介する。その後、福島県飯舘村を中心に、被災住民から集会などで直接聞いた話や除染実験に関係した被災者から聞いた話などを紹介する。

### B2.2.2 画一的避難指示

2号機からの放射性物質の大量放出は2011年3月15日から16日にかけて起こったが、15日の夕方から運悪く風向きが海から陸に向かうやや強い南東風に変わった。また夜には、6時間にわたって雨や雪が降った。そのため、福島第一原子力発電所から北西方向にあった地域（浪江町や飯舘村など）に大量の放射性物質が降下し、深刻な放射能汚染を引き起こした（図B2.6）。

量は減ったが、その後も放射性物質の放出は続き、風の方向や風速、地形、雨の影響などによって、遠く離れた地域の水源や茶畑などが局部的に放射能汚染され、そのたびに水源からの取水禁止、スーパーやコンビニ店頭からのペットボトル水の払底、お茶の出荷禁止など各地で大騒動が起こった。

図 B2.6 に示すような状況になっているとは知らずに出された事故直後の避難指示を，図 B2.7 に示す（福島第二原発関連の指示は複雑になるため割愛）．  
 図 B2.6 で紹介した**地表1メートルの高さの空間線量率で示された放射性物質の分布図は強い指向性を持っている**．これに対し，**避難指示は福島第一原発を中心とする円状に発令されているため，避難しなくてもよい人が避難させられたり，避難所を転々とした人，放射性物質が飛散した方に避難経路を選んで被ばくしてしまった人もいる**．そのため，国や自治体の指示に従って住民を避

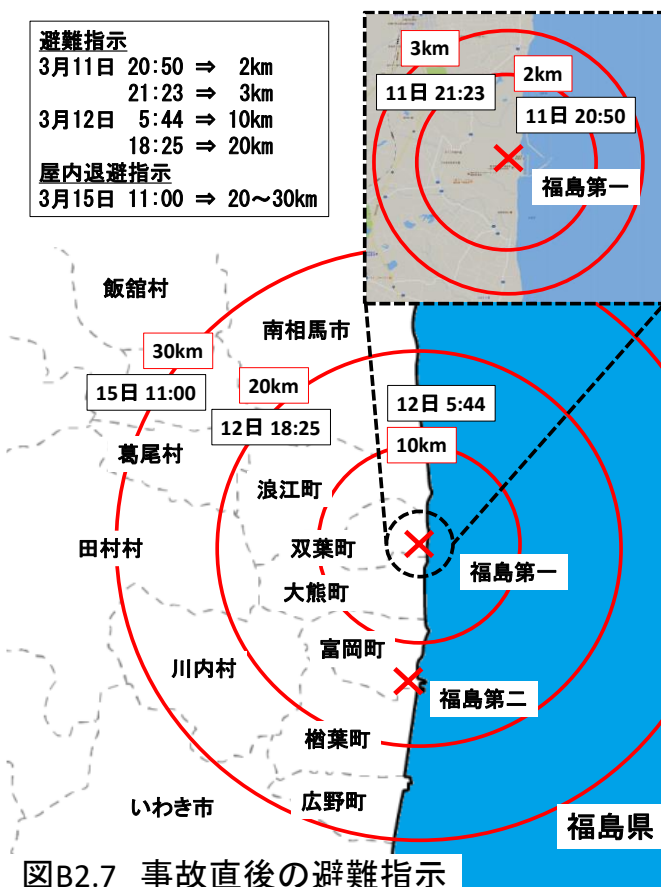


図B2.6 文部科学省及び米国DOEによる航空機モニタリングの結果（地表1mの高さの空間線量率，2011年4月29日の値に換算）

難誘導した地区の役員が住民から責められたり、結果的に誤った連絡をしてしまったことに対して大きな責任を感じている人もいる。

このような混乱の中、原発から 10 キロ圏内にある福島県大熊町の双葉病院の患者を自衛隊が 14 日と 15 日にかけて 3 回に分けて救出したが、高齢者が避難中や避難後に 21 人も亡くなるという痛ましい事故も起こっている。

開発済みの緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (SPEEDI : System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information の略称) が、前提となる放射性物質の放出量が分からず計算できなかったという事





情は理解できるものの、なぜもっと有効に活用できなかったのかという意見が後で出てきて議論になったのは、上述のような不合理で悲惨な結果が各所で発生したからである。

### 【補足-B2.3 放射線量の単位】

放射線量の大小を示すために、「シーベルト」と「ベクレル」という単位を使う。その意味を以下に示す。

#### ① シーベルト

放射線が人体に及ぼす影響を表す線量を示すもので、ミリシーベルト(mSv)やマイクロシーベルト( $\mu$ Sv)が使われる。放射能汚染地帯で計測される値は、通常時間当たりの放射線量( $\mu$ Sv/h)で表される。これを年当りに換算するには、「 $\mu$ Sv/h  $\times$  24 時間  $\times$  365 日  $\times$  係数」の式を使う。一般人の場合は係数に 0.6 を使っていて、0.2  $\mu$ Sv/h が長期管理目標値である 1 mSv/h に相当する。

#### ② ベクレル

1 ベクレルは(Bq)、1 秒間に 1 個の放射線を出す放射性物質の量をあらわす。単独で使われることは少なく、単位体積や単位重量あたりの放射能の強さを表す Bq/l や Bq/kg が使われる。放射能汚染された土壌、廃棄物、食品、飲料水などの汚染度を表すのに使われる。

### 【補足-B2.4 米国の 80 キロ避難勧告をもたらしたもの】

在日米国大使館は 2011 年 3 月 15 日、日本政府の勧告同様アメリカ人は 20 キロ圏から離れるよう勧告した。

ところが、翌 16 日に突如 80km 範囲内にいるアメリカ人に避難勧告を出した。福島原発事故の悪化を受け、ヤッコ NRC (原子力規制委員会) 委員長がオバマ大統領に勧告したためと報じられている。この日米の避難勧告範囲の違いや 17 日に実施された自衛隊機による 3 号機の使用済み燃料プールへのほとんど効果のない放水映像などが被災地の事態を悪化させることになる。

当時 20-30 キロ圏内は屋内退避指示であったが、被曝の不安に加え、圏外からの物資流入が途絶えて孤立するなどしたため、幼い子供や妊婦のいる家庭では自主避難したり、川内村のように全村避難する自治体まででてきた。混乱期には、

デマ等を含め様々な情報が錯そうするもので、福島原発事故においても、それらに振り回されてその後の一生が全く変わってしまった人も数多くいる。災害初期の政府・自治体の迅速で正しい伝達がいかに大切であるかがよくわかる。

### B2.2.3 パニックを恐れた発表

政府、原子力安全・保安院、東京電力、自治体から出される情報はパニックを恐れた曖昧、かつ不正確なものであった。さらに細切れで時間遅れのマスコミ報道により、事故後の混乱が増幅された。 その代表例を、表 B2.2 に示す。

即時性のある媒体で情報を得たとしても時間的なズレが少なくなるだけで、内容的には変わらない。例えば、3月12日の新聞朝刊に「原発 避難指示、福島第一 放射能漏れの恐れ」とあるが、実際は、前日の23時36分頃には、1号機は既にメルトダウンしていたし、同日(12日)の15時36分には1号機建屋が水素爆発を起こしていた。事態の推移の方が遥かに速かったのである。

また、3月14日の夕刊で「原発3号機も爆発 福島第一 炉心溶融(メルトダウン)の可能性」とあるが、実際は、11日に1号機、13日に3号機が既にメルトダウンし、さらにはメルトスルーまで起こしている。「炉心溶融の“可能

表B2.2 事故の実際と新聞報道のズレ

日付	事故の実際	新聞報道
11日	23時36分頃: <b>1号機がメルトダウン</b>	
12日	(午前5時44分: 半径10キロ圏内に避難指示) 15時36分 : 1号機建屋が水素爆発 (18時25分頃: 半径20キロ圏内に避難指示)	朝刊: 原発 避難指示、福島第一 放射能漏れの恐れ 夕刊: 原発制御 危険水域、冷却機能が喪失、(半径10キロに避難指示を拡大)
13日	午前9時頃: <b>3号機がメルトダウン</b>	朝刊: 福島第一原発で爆発、放射性物質拡散か燃料一部溶融。(20キロ圏避難)
14日	午前11時1分: 3号機建屋が水素爆発	夕刊: 原発3号機も爆発 福島第一 <b>炉心溶融の可能性</b>
15日	午前6時10分頃: <b>4号機建屋が水素爆発</b> (吉田所長以下東電職員が2号機格納容器の爆発と誤認。職員を退避させた) 午前7時38分頃: 2号機が大規模避難のもととなる大量の放射性物質を放出。翌16日午前4時頃まで続いた	朝刊: 燃料棒全て露出 2号機冷却水が消失 号外: <b>福島第一2号機 原子炉格納容器が爆発</b> 職員、一部残し退避

性”」どころではなかったのである。

さらに、3月15日の朝刊で「燃料棒全て露出 2号機冷却水が消失」とあるが、実際は、同日の午前7時頃から翌16日午前4時にかけて、損傷した2号機格納容器から大量の放射性物質が放出されていた。その日の号外で「福島第一2号機 原子炉格納容器が損傷。職員、一部残し退避」とあるが、実際は、同日午前6時10分頃に発生した4号機建屋の水素爆発を、吉田所長以下東電職員が「2号機の格納容器爆発」と誤認して職員を退避させるなどしたため、誤った報道となっている。

なお、住民への避難指示については、原発事故の推移との関連が分かりやすいように、表中に「避難指示の日時と範囲」を、カッコに入れて示す。

#### 【補足-B2.5 東電職員退避騒動の内幕】

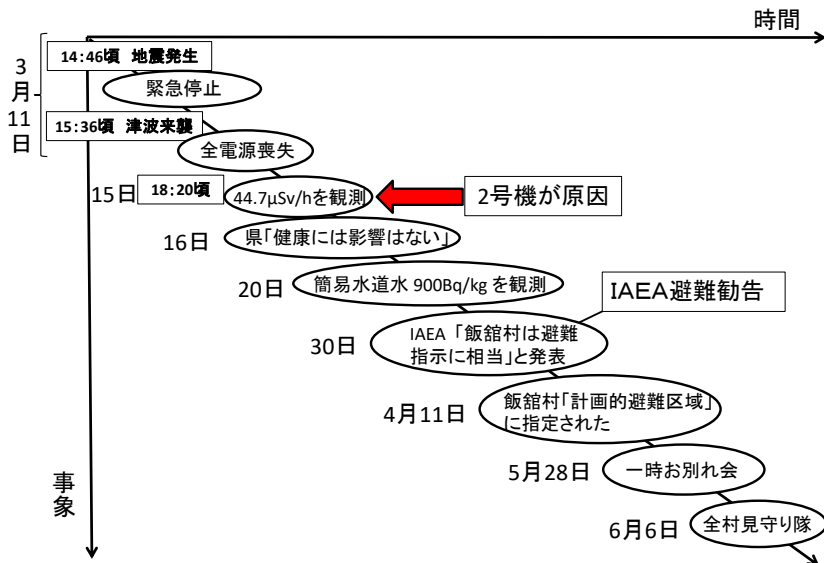
上述の東電職員退避に関する当時の菅首相と東京電力の清水社長との「“全員退避”か“一部を残しての退避か”」がマスコミ報道で大きく取りあげられたが、その後の調査によると、事実は両者の意思疎通が悪く、情報が一方通行になったに過ぎないようである。

この時期はすべてが極限的な混乱状態にあったといえる。

#### B2.2.4 説明不足で混乱が拡大

福島県飯館村は、図 B2.7 で示すように福島第一原子力発電所の北西方向にあり、村の面積は230平方キロ（東京23区の3分の1強に相当）と広く、20の行政区に分かれている。3月15日午前11時に福島第一原発から半径20～30キロ圏内に屋内退避指示が出されたが、この指示に含まれる地域は村のごく一部でしかない。そのため、村民の大半が放射能汚染地域にいるとの認識はなく、村関係者は他町村からの避難者の受け入れや支援に奔走していた。

ところが、この日の夕方から事態が急転する。以下、事故が起きたときに飯館村の区長会長をしていたK氏から聞いた話をもとに、新聞報道も交えながら当時の状況を再現してみる（図 B2.8）。



図B2.8 飯館村避難段階進行図

- ・ 3月15日午後6時頃に村役場に設置していたモニタリングポストが44.7 $\mu$ Sv/h(235mSv/y)を観測した。これは前述したように、15日の夕方から運悪く風向きが飯館村の方向に変わり、しかも雨と雪が6時間以上降ったまさにその時に、2号機から大量の放射性物質が放出されたためである。
- ・ 翌16日の朝刊で、福島市の23.9 $\mu$ Sv/h(126mSv/y)と上述の飯館の観測結果と合わせ、「健康には影響はない」という県の回答が報道された。しかし、実際は図B2.6で示した通り、飯館村は風向き関係で放射能汚染されていたことが後でわかったが、そのときは村民の誰一人として知る由もなかった。
- ・ 20日に飯館村の簡易水道水で放射線量「900Bq/l(飲料水の現規制値「10Bq/l」の90倍)」が観測された。そのため、翌21日から、住民にペットボトル入り飲料水が配られた。
- ・ 30日朝刊で、IAEA(国際原子力機関)による飯館村の土壌の放射線量計測結

果が 200 万 Bq/m<sup>2</sup> で、IAEA の避難基準の 2 倍に相当する値であったと報道されている。IAEA が事実上日本政府に避難範囲の拡大を迫ったといえるが、県は「健康に問題ない」、国は「屋内退避の措置は変わらず、避難の必要なし」の見解であった。

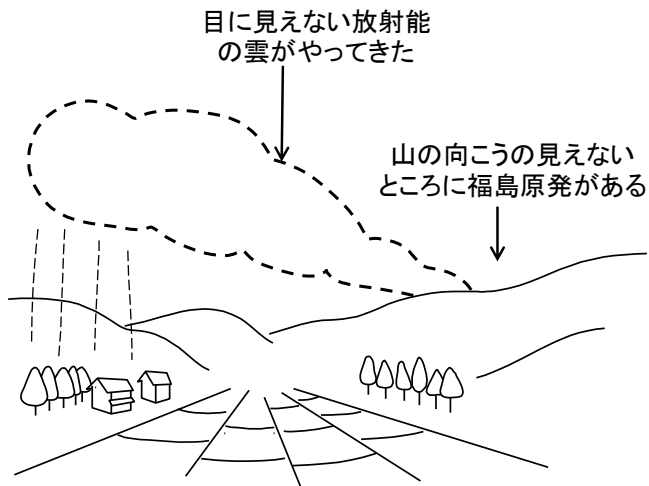
- ・4月11日、大震災発生のちょうど1か月後、IAEA（国際原子力機関）の勧告から12日後に新たに制定された「計画的避難区域」に、飯館村や川俣町の一部などが指定された。事故後の混乱続きから新たな一歩を踏み出そうとしていた人もいる中で突然の「計画的避難区域」指定に、悔しさと怒りから、飯館は一時避難拒否をしたと翌日の地元新聞で報じられている。

### B2.2.5 被災当事者の思いと失ったもの

飯館村民の話聞いて頭に浮かんだ当時の状況を図 B2.9 に示す。山の向こうの見えないところから、目に見えない放射能を含んだ雲（放射性プルーム）が突然やってきて、放射能をまき散らしていったという図である。

写真 B2.3 の原発事故前後の田園風景写真を重ね合わせて見ると、村民が避難して半年しか経っていないのに、みずみずしかった水田がススキ野原になってしまっている。さらに、この水田の一等地が、国の除染で発生した放射能汚染土の仮置き場になってしまうが、そのことについては後述する。

南相馬市立石神第一小学校の但馬真一校長は、「原発事故はすべて（地域、職場、家庭、人心）を崩壊させる」と言っている。飯館村でも「自然と共存する暮らし」、「多世代同居の暮らし」、「住民参加の地域づくり」などの生活基盤がことごとく破壊されてしまったと多くの避難住民から聞いた。



図B2.9 飯舘村比曽地区の状況(想像図)



写真B2.3 福島原発事故前後の比曽地区水田

## B2.3 原発構外で起こったことー除染

帰還のことを考えると、除染は本来ごく短期間のうちに済ませる必要がある。さもないと、避難生活が長期化して様々な問題が生じるようになる。

ところが、実際は除染に手間取るなど数多くの要因が重なって避難解除時期が大幅に遅れたため、それに比例して災害関連死や離散家族が増えるなど、筆者らが懸念していたことがすべて現実のものとなってしまった。

以下、国が行った直轄除染の問題やチェルノブイリ事故の教訓を生かせなかったことが被害を拡大させたことについて述べる。

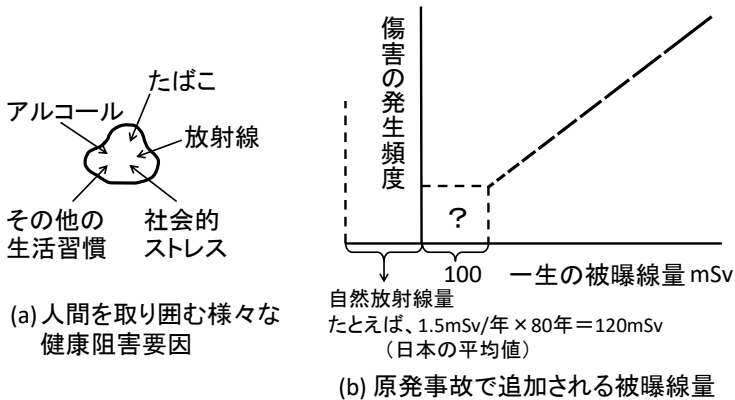
### B2.3.1 放射線による健康被害

除染は放射線による健康被害を防ぐために行うものであるが、放射線による健康被害とはそもそもどのような事なのかについて先ず述べる。

#### (1) 身体的被害

福島原発事故で最も心配なのは、放射線による健康被害である。しかも、わが国が世界で唯一の被爆国であり、広島・長崎の原爆被害の惨状や原爆被害者の言葉で表しえない苦痛を知る国民であるからなおさらである。

ただ、原爆の大線量による急性被曝と福島原発事故の低線量被曝とは明らかに異なる。放射線は直接的、あるいは活性酸素を介して間接的に DNA に影響を与える。しかし、DNA を含む核酸は 0.01%未満とごく微量であるため、低線量の放射線による人体への影響は一般に理解されているような直接的影響よりも、活性酸素による間接的影響がほとんどである。そのため、福島原発事故で住民が受けているような低線量被曝の場合、医学的には胃や胸部レントゲン試験、日常生活におけるストレス、食品添加物、大気汚染、紫外線、喫煙、過度な飲酒・運動など多種多様な癌発生のリスク要因と同質のものである（図 B2.10(a)）。



図B2.10 放射線が人間の健康に与える影響

一方、疫学的には被曝線量が 100mSv を超える領域において、癌死亡リスクが直線的に増大することが確認されている (図 B2. 10(b)).

この事実を踏まえ、放射線防護の立場からは、発癌という観点において統計的に有意な差がない 100mSv 以下の低線量領域 (図 B2. 10(b)の「?」で示す領域) であっても、リスクを過小評価せず、直線的にリスクが増大するという考えに立って管理することになっている。

ICRP<sup>\*</sup>は、「緊急時で被ばくがコントロールできないときには追加の放射線量を年間 20~100mSv とし、ある程度収まってきたら年間 1~20mSv の間で目安を定め、最終的には平時の目標の年間 1 mSv に戻すべき」と勧告している。

福島原発事故では、この 20mSv/年という値が採用され、最終目標を 1mSv/年に置きながら、除染後の避難解除や廃棄物などを含めた種々の管理や対策がなされている。

ところが、どういう論拠かは分からないが、年間 1mSv とすべき意見がはばきかせ、国の除染を一層長引かせることになり、災害関連死や離散家族をいたずらに増やす結果となっている。しかも、それだけでは済まず、除染が済んだ人の住まない広大な土地が出現しそうに思えてならない。



※ ICRP(International Commission on Radiological Protection ; 国際放射線防護委員会)は、専門家の立場から放射線防護に関する勧告を行う民間の国際学術組織で、イギリスの非営利団体 (NPO) として公認されている。

## (2) 精神的被害

被曝地域住民の健康被害を考える場合、上述の身体的被害よりも精神的被害の方がはるかに大きい。 それは以下のような心理面からくるもので、災害関連死の大きな要因にもなっている。

### 【心理面への影響因子】

- ・被曝による漠然とした健康不安。
- ・放射能汚染地域で育ったという子供の将来に対する不安。
- ・自宅があっても帰還できないというふるさと、コミュニティ喪失感。
- ・夫婦間の意見対立。
- ・賠償金の有無や大小から生まれる避難先や他地域住民との軋轢。
- ・原発被災者が置かれた状況に対する一般の人の無理解や偏見。
- ・帰還しない人を「自主避難者」とみなす行政の考え方や扱い。

このままで推移すると、日本も 1986 年のチェルノブイリ原発事故での避難同様に、避難した人の方が避難しなかった人に比べて平均寿命が短くなるという結果になりそうである。

## B2.3.2 国の直轄除染

国は前述したように、ICRP の勧告に準拠した「放射性物質汚染対処措置法」を、2012 年 1 月 1 日に施行した（基本方針を下記）。

### 【除染の基本方針-概要】

#### 1) 追加被ばく線量が年間 20mSv 以上である地域

段階的かつ迅速に縮小することを目指す。ただし、線量が特に高い地域については、長期的な取り組みが必要となり、土壌等の除染等の措置の効果、モデル事業の結果等を踏まえて、具体的な目標を設定する。

## 2) 追加被ばく線量が年間 20mSv 未満である地域

次の目標を目指す。

① 長期的な目標として追加被ばく線量が年間 1 mSv 以下となること。

② 2013 年 8 月末までに、一般公衆の年間追加被ばく線量を 2011 年 8 月末と比べて、放射性物質の物理的減衰等を含めて約 50%減少した状態を実現すること。

③ 子供が安心して生活できる環境を取り戻すことが重要であり、学校、公園など子どもの生活環境を優先的に除染することによって、2013 年 8 月末までに、子どもの年間追加被ばく線量が 2011 年 8 月末と比べて、放射性物質の物理的減衰等を含めて約 60%減少した状態を実現すること。

これらの目標については、土壌等の除染等の措置の効果等を踏まえて適宜見直しを行う。

ところが、除染に着手するまでの区域見直しや除染計画の策定、仮置場の確保や同意取得に手間がかかった、降雪等の自然影響を受けた、補償業務が追加された等様々な事情により進捗が大幅に遅れた。

なお、除染により発生した放射能汚染土は、中間貯蔵施設で保管・分別・減容化等が行われた後最終処分されることになっているが、中間貯蔵施設の整備が遅れ、2017 年 11 月に計画の一部がようやく稼働を始めたような状況であり、最終処分場にいたってはまったく目途が立っていない。

### B2.3.3 除染地域の実見

2013 年 2 月に福島県の川俣町で避難住民との対話を行った際、同町の除染の状況を見学した。また、同年 5 月には福島市職員の案内で、福島市内の除染状況を見学した。

飯館村比曽地区の除染状況については、除染実験を同地区住民と共同で行った関係で、計測や中間報告会に合わせて現地を訪問するたびに見学している。



写真B2.4 汚染土の一時保管場所

それらについて、見学時の感想を含めて以下に述べる。

(1) 2013年2月8日（事故から約2年後）の実見-福島県川俣町

2013年2月8日に福島県の川俣町で避難住民との対話を行い、除染の状況を見学した。川俣町は福島原発事故による放射性物質が多量に飛散した方角にある。中でも山木屋地区は放射線量が高いため計画的避難区域に指定され、住民は全員避難した。写真 B2.4 は除染で出た汚染土等の一時保管場所である。ビニールで堰堤を作り、その中にビニール袋に詰めた放射性物質に汚染された土などを置いている。しかし、大量避難のもととなったセシウム 137 は一度土の粒子に固定されてしまうとほとんど遊離することはないので、ビニール袋に入れる必要はなく、もっと別の方法が考えられるはずである。

ところが、政府が一度決めた方針に従って除染が進められているため、保管場所が確保できず、除染が一向に進まない。結局、16万人もの避難住民がいつまでも帰還できないことになりかねない。現地に行くとそういうことを考えずにはいられない。

※次の福島市の実見などから、除染がなかなか進まないことが明らかになっ



写真B2.5 大波地区仮置場

たため、A編で述べたように、福島県飯舘村で「除染実験」を行うことになった。

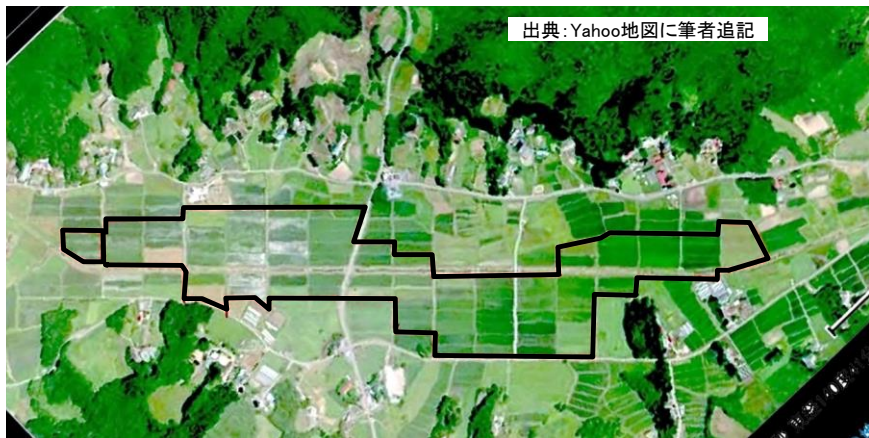
### (2) 2013年5月22日（事故から約2年後）の実見-福島市大波地区

福島市には約10万戸の個人住宅がある。これまでに除染が済んだのは8000戸で、そのうち汚染土等を仮置場に収容したのは、大波地区の470戸分に過ぎない。それでもフレコンバッグで1万6千袋にもなり、市営野球グラウンドを占拠してしまっている（写真B2.5）。除染割合でいうと、2013年5月時点でたったの0.47%でしかないことになる。

残りは、自主的な「その場での穴埋めや積み上げ」等を行っている。それでも、福島市は県内で最も除染が進んでいる自治体の一つだそうである。

### (3) 2015年10月28日（事故から約4年半後）の実見-福島県飯舘村

福島県飯舘村比曾地区は放射線量が高かったため除染の開始が遅く、福島原発事故から4年も経った2015年10月頃になってようやく本格的作業が始まった。しかも、除染で出る汚染土の仮置場が不足し、写真B2.6の黒枠内で示す水田の一等地を仮置場とせざるを得なかったそうである。



写真B2.6 飯舘村比曽地区の仮置き場(黒枠内)

<現況> (2015/10/28 手塚撮影)



写真B2.7 福島県飯舘村比曽地区の状況(2015年時点)

この地区は、被災前は写真 B2.3 (b)のように青々とした水田が広がっていたが、原発事故の7ヵ月後には雑草が繁る水田になってしまった(同写真 (a))。2015年10月には、車両侵入のための鉄板が敷かれ、汚染土の仮置き場の整備

が着々と進められていた（写真 B2.7）。しかし、中間貯蔵施設は 2017 年 11 月になって一部が稼働を始めたばかりで、水田の一等地が相当期間、仮置き場のままになりそうである。そのため、2017 年 4 月 1 日に避難指示は解除されたものの、当面は肝心の農業が被災前のようにできず、生活のめどがたない状況にある（B2.4.2 と C3.2~C3.4 で詳述）。

## 【補足-B2.6 仮置場・仮置き場と中間貯蔵施設】

### ① 仮置場・仮置き場

国の除染に伴う仮置場は、2016 年 9 月に事故後最多の 279 箇所到達し、2017 年 1 月末でも 271 箇所、除染廃棄物の保管量は約 746 万 m<sup>3</sup>にもなっている。さらに、自治体が行った除染、個人・ボランティアなどが行った自主的除染も含めると福島県内で 1100 箇所にのぼるほか、住宅の庭先や学校などに保管されているところも 2016 年 9 月末時点で 14 万 6 千箇所に達するとの報道もある。

いずれも、中間貯蔵施設の運用開始が遅れたためであり、仮置場だけではならず、飯館村では水田の一等地が仮置き場となっている。

### ② 中間貯蔵施設

敷地面積が約 16 km<sup>2</sup>で、汚染土や草木の保管・分別・減容化等を行う。

最大受け入れ能力は 2200 万 m<sup>3</sup>で、2015 年 3 月に使用開始、30 年以内に県外に排出し、最終処分すると法律に定めているが、用地取得に時間を要したため、2016 年 11 月着工、2017 年 11 月運用開始と計画より大幅に遅れている。

ただ、取得面積は 2019 年 12 月末時点で全体の約 70%に達していて、順次処理能力も高まっていくと思われるが、それにしても時間がかかりすぎるとしか言いようがない。

## B2.4 原発構外で起こったこと－帰還

以下、帰還の現状や帰還を拒む諸々の背景や要因について、筆者らが現地でも聞き取り調査したことを主に述べる。

#### B2.4.1 避難指示解除と帰還

福島第一原発事故による国の避難指示対象は、11市町村の計約8万1千人で、面積は1150km<sup>2</sup>に及んでいる。双葉郡の8つの町村（広野町、楡葉町、富岡町、川内村、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村）は、独自の判断で避難した広野町も含め、一時すべての役場と住民が避難した。そのほかの地域でも、子供の将来を考えて自主的に避難した人を含めると、避難者の実数は国の避難指示対象者よりはるかに多い。

2017年3月31日と4月1日には、田村市や南相馬市の一部などすでに避難指示が解除された5市町村に加え、新たに4町村（浪江町、富岡町、飯舘村、川俣町の一部）で避難が解除された。その対象人口は約3万2千人で、国の避難指示対象者の39.5%、対象面積の68%に相当する。ただし、一部に「帰還困難区域」が残っているほか、福島第一原子力発電所が立地する大熊町と双葉町の避難指示は解除されていない。

#### B2.4.2 帰還のゆくえ

田村市や南相馬市の一部などすでに避難指示が解除された5市町村の帰還割合は2018年末時点の平均で13.5%と低く、今回新たに解除された4町村に対する復興庁のアンケート調査でも、「帰還する」の回答は4割強～2割弱でしかない。

このままでは、原発作業員、国や自治体の施策等による新たな定住者を織り込んで最終的な帰還者数が2割、多くて3割くらいしか見込めない気がする。筆者は「帰還は3年以内」と思っていたが、事態はその通りの悪い方向に推移しているようである。

##### (1) 厳しい現実

2018年7月14～15日の両日、福島県飯舘村の帰還者で、除染実験に協力してくれた菅野啓一氏と菅野義人氏の案内で、同村の現況調査に出かけた。

飯館村の帰還者は2018年5月1日現在で690人、全村民の約12%でしかない。放射能汚染度が高いため除染が最後になった比曽地区は、見学時の帰還者が6世帯12人で、地区住民の1割にも満たない。長泥地区は依然立入り禁止区域に指定されている。2日間の調査で、飯館村内のかなりの部分を車で移動したが、国の除染で出た汚染土の仮置場があちこちに見え、中間貯蔵施設への運び出しはごくわずかとのことであった。

案内してくれた両氏に聞いたところ、郵便、宅配、医療、介護など日常生活上の不便だけでなく、人が少ないために地区の共同作業や火災などの緊急時対応に問題が出るなど、ことのほか厳しい現実と直面しているようである。「それらは覚悟の上での帰還であり、後に続く人たちのためにとにかく頑張る」とする帰還者の姿には、心底頭が下がる思いがした。

## (2) 早められた帰還と営農

2017年6月23日に出された「飯館村除染検証委員会報告書」によると、飯館村での実証栽培で、全ての米・野菜について、放射性物質の基準値100Bq/kgを下回ることが確認されたとある。また、空間線量率と実効線量との関係には、事故直後に国が導入した0.6倍という数値が使われてきたが、実測の結果はその1/3の0.2倍でよいとある。

実測の結果をもとに計算すると、国の計算方法で30mSv/年とされる場所の実効線量は、1/3の10mSv/年ということになる。IAEA（国際原子力機関）やICRP（国際放射線防護委員会）が定めている係数は、前述の実測結果とほぼ同じであり、国が事故当初からこの係数を使い、かつ年間20mSvを下回った地域から、妊婦や子供、介護や治療等を必要とする人たちを除いて帰還し、農業再開の準備を始めていれば、長引く避難生活による多数の災害関連死や、ここまでの家庭崩壊・地域崩壊もなかったはずである。また、IAEAやICRPの基準に従えば除染区域が狭くなり、除染廃土の発生量も少なくなる。さらに、危険学プロジェクトが比曽地区で実施した実験で安全性を実証した「放射能汚染土のその場処理の深穴埋め」を行えば、除染完了が早まり、仮置場の面積も大幅に減るこ



とになる。それらの相乗効果により、営農再開も今よりはるかに早まっていたと思われる。もし、チェルノブイリ事故の後、「事故は起こり得るもの」として事故前に上述の「飯館村除染検証委員会報告書」にあるようなことを国、原子力関係者が一般公開のもとに行い、その結果が広く世の中に共有されていれば、今のような状況にはならなかったはずで、我が国の安全文化の低さが、今更ながら悔やまれる。

### 【補足-B2.7：冷害の歴史を踏まえた覚悟の帰還】

前述の菅野啓一氏と菅野義人氏が住む福島県飯館村比曾地区は、標高が約600mの高地にあるため、江戸時代は冷害常襲地であった。宝暦の飢饉（1754～57年）でも大被害にあったが、天明の大飢饉（1782～88年）では、旧比曾村は91戸から3戸に激減したそうである。残った1戸が義人氏の先祖、荒れ野に入植してきた人の一人が啓一氏の先祖だそうである。

原発事故前、啓一氏は飯館村の区長会長、義人氏は村会議員を務めていた。二人は原発事故後に自主的に比曾地区の放射線量を測り、国の直轄除染の問題点を指摘し、改善を申し入れたりしている。帰還間もないその両氏に、2018年7月14、15日の両日に渡って飯館村の復興状況調査の案内をしてもらった。

日常生活が不便、水田の一等地が除染で発生した放射能汚染土の仮置場になっていることは先述した通りであるが、それだけでなく、水田除染の際に地下排水管が重機の重みで壊されたため修復が必要であること、牧草地は汚染土剥ぎ取りで花崗岩がむき出しになり、大小の無数の石を除去する必要があることなど、復興どころか復旧すらされていないのが現状である。

「生かしてもらえる時間があと20年だとしたら、次世代への橋渡しをするのが自分たち60歳世代の責任であり使命である。できることを一つ一つやっていくしかない。」（菅野義人氏談）とのこと、まさに江戸時代の冷害を生き抜いてきた、先祖の歴史を踏まえた覚悟の帰還であることがひしひしと伝わってきた。

### 【補足-B2.8：元委員長どうしの対談】

福島県飯館村実見の初日に当たる2018年7月14日に、田中俊一元原子力規制委員会・委員長が同村で活動拠点にしている「飯館山荘」にて、同氏と元政府事

故調・委員長である筆者・畑村が対談した。

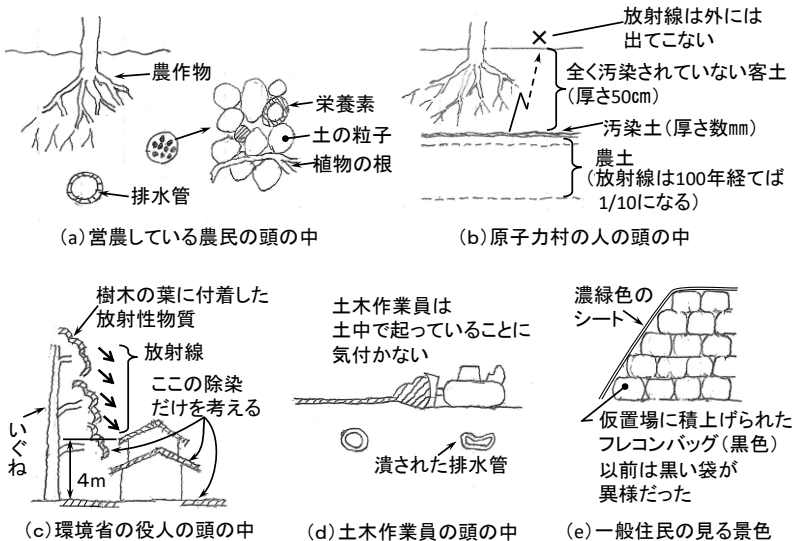
テーマは、福島原発事故について関係者が「どこまで考えておけばよかったか」で、対談は2時間以上に及んだ。話は日本の科学技術や文化レベル、原発事故前・事故後の経営層・国・科学者・マスコミ・一般国民の在り方、防災・減災の在り方やそれを支える人材論など広範に渡った。この対談には、危険学プロジェクトのメンバーも陪席し、対談後に田中俊一元委員長と熱心な質疑応答を行った。

対談を終えて、筆者・畑村は改めて次のように思った。

- ・ 原子力関係者は誰も事故のことを考えていなかった。
- ・ 政治家にも科学技術者にも、原子力の全体像を把握している者がいなかった。
- ・ 国民は原子力に無知で構わないと長く傍観者でいるうちに、事故が発生した。
- ・ 20mSv/y という帰還基準が様々な経緯で1mSv/y という長期目標にすり替わったため、帰還に大きな障壁が出て2200人を超す災害関連死を生んでしまった。

### 【補足-B2.9：頭の中の景色】

実見と対談をしているうちに、事故関係者の頭の中に持っているモデルがそれぞれ全く違っていることに気が付いた。それを推測して、図B2.11に示す。



図B2.11 立場によって頭の中の景色は違う

## 【福島原発事故】



福島県飯館村比曽地区集会場で開催された、地元住民に対する「危険学プロジェクト・除染実験」の中間報告会風景（A2.1.2 除染実験 参照）。



菅野義人氏、菅野啓一氏と筆者（飯館村比曽地区）、後方は「除染実験」の結果を記載した掲示板（A2.1.2 除染実験, B2.3.3 除染地域の実見, ならびに B2.4.2 帰還のゆくえ 参照）。



田中俊一先生と筆者との対談（補足-B2.8: 元委員長どうしの対談 参照）。

## C. マンガで伝える危険

危険学は、「どこにどんな危険があるかを知って行動する」ことを勧めている。そこで本編では、実際に起こった事故や災害事例をもとに、危険がどのように発現し、人にどのような危害を与えるのか、何に注意したらよいのか等を分かりやすく伝える目的で、それらを4コマ漫画にした。

以下に、漫画による事故や災害事例を、「身の回りの危険」「自然災害」「福島原発事故」の順に示す。また、漫画の内容理解に役立つよう、実際に起こった事故事例や危険学プロジェクトが行った事故の調査、自然災害被災地の実見、ダミー人形を使った再現実験等から得られたことを合わせ述べる。

### C1. 身の回りの危険

身の回りの危険として、以下の事故を取り上げた。

A2.1「実験で分かったこと」でも取り上げているので、合わせ参照されたい。

- C1.1 大型回転ドア挟まれ事故
- C1.2 エレベータ挟まれ事故
- C1.3 エスカレータ転倒事故
- C1.4 機械式駐車場挟まれ事故
- C1.5 自転車転倒事故
- C1.6 天窓墜落事故
- C1.7 群衆雪崩
- C1.8 「安全・安心」社会の危険

## C1.1 大型回転ドア挟まれ事故

### (1) 実際に起こった事故

2004年3月、東京都港区六本木の森タワー2階正面入口で、6歳男児が大型回転ドアに頭部を挟まれて死亡した。男児がセンサの死角に入り緊急停止が働かなかつたこと、男児が挟まれて停止動作が始まったが、回転ドアの重量が重く停止するまでに時間がかかったこと、が主な原因である。

### (2) 制御安全と本質安全

事故が起きた大型回転ドアには多くのセンサが付けられ、異常があれば緊急停止する設計になっていたが、背の低い子供がセンサ網から漏れて事故が起きてしまった。制御安全の限界が露呈したのである。

事故後に、事故を起こしたメーカは万一人が挟まれても最小限の被害ですむように、回転するドアの端部が折れ曲がる構造の回転ドアを開発した。それを4コマ漫画で示す。

一方ユーザ側は被害軽減のためにドアを軽くすることに着目し、観音開き方式のまったく構造の違う軽量ドアを開発している。

子供は、大人が考えもつかないような行動をする。利用者には子供が含まれるような場合

は、「制御安全」ではまったく不十分で、「本質安全」な設計が必須である。



## C1.2 エレベータ挟まれ事故

### (1) 実際に起こった事故

2006年6月、東京都港区芝の区営住宅の12階で、エレベータから高校生が自転車に乗ったまま後ろ向きに降りようとしていた時、扉が開いたまま急に上に動き出してエレベータ床部分と天井の間に挟まれ死亡した。ブレーキ用電磁石の電磁コイルの絶縁不良によりブレーキが半掛かりの状態で行われていたため、ブレーキパッドが急速に摩耗し、ブレーキが利かなくなったこと、保守業者が点検時にそれを見落としていたこと、が原因である。エレベータは自転車利用者兼用なので高校生に落度はない。

### (2) 戸開走行防止対策

この事故を受け、新設のエレベータは戸開走行防止装置を取り付けることと、上昇事故対策が同時に義務付けられた。

ただし、既存のエレベータはほとんどが旧来のまま、すなわち“既存不適格”の状態で使用されているので注意を要する。

なお、エレベータは動力節減のためにカウンターウエイトを付け、乗客が定員の半分でバランスする設計になっていて、本事故のように乗客が2人しかいないとカウンターウエイトの方が重い場合、カゴが上昇するようになる。



## C1.3 エスカレータ転倒事故

### (1) ベビーカ事故

「危険を伝える」には再現実験を行い、事故を映像化、数値化することが大切である。

エスカレータでは、挟まれ、転倒、転落、将棋倒し等様々な事故が発生しているが、危険学プロジェクトでは、最も重篤化しやすいベビーカ事故を行った。親が両手でベビーカを支え、エスカレータの手すりを持たずにいるため、緊急停止すると親が前のめりになって転倒・転落事故が起こる。

子供がシートベルトをしていないと、ベビーカから投げ出されて大ケガするだけでなく、転落してくる親に押しつぶされてさらに重大な事故になる可能性がある一方、親は子供がクッションになって助かるという皮肉なことも起きる。

### (2) 安全対策が別の事故を引き起こす

緊急停止システムは、挟まれ事故が起こったときの事故軽減対策であるが、4コマ漫画の例では、それが転倒・転落事故の引き金になっている。自然災害でも同様のことが起きる (C2.5 参照)。



## C1.4 機械式駐車場挟まれ事故

### (1) 実際に起こった事故

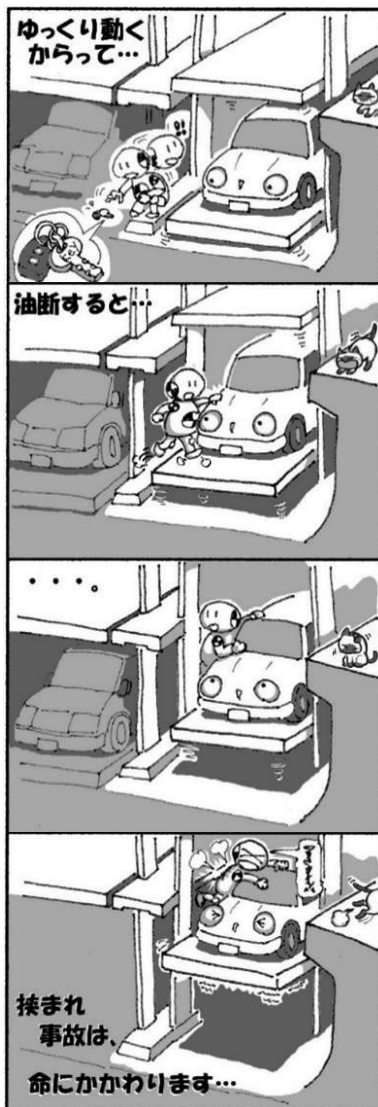
機械式駐車場のパレットは“ゆっくり”動くため、多くの人がある間を簡単にすり抜けられる、という錯覚に陥る。鍵束など大事な物を駐車場の底に落とした人が“ゆっくり”動くパレットを渡り歩いてそれを取りに行き、途中でパレットに挟まれて死亡する事故が起きるのはそのためである。それを、4コマ漫画で示す。

母親と一緒にいた子供が“ゆっくり”上昇してくるパレットを待ちきれずに飛び移ろうとした際、誤ってパレットに挟まれて死亡するという事故も起こっている。

### (2) 再現実験でわかったこと

実機の機械式駐車場を使い、車が乗っているパレットに人が挟まれる実験をしたところ、パレットの「横行」によって人が挟まれる瞬間の衝撃力は約 5000N、静的な挟み付け力は約 2500N であった。胸が挟まれると、大人でも窒息死する。

パレットの「下降」時に挟まれると、車の重さが加わり、さらに大きな力がかかる。人が挟まれると、窒息や内臓破裂、頭蓋骨陥没等によって死亡する。挟まれ事故が、夜間で誰もいないときに起きると、朝になって遺体発見という事故になる。





## C1.5 自転車転倒事故

### (1) 頭を直撃する事故

自転車の後部座席に乗った子供が何かの気を取られて動いた拍子にバランスが崩れて転倒すると、大事故になる。

### (2) 再現実験でわかったこと

転倒事故はそれだけで危険であるが、倒れたところに縁石などの固い突起物があり、運悪く子供の頭がそれを直撃すると重大事故になる。そこで、ダミー人形を使い、縁石に頭を直撃する最悪のケースを想定した再現実験を行った。シートベルト「有・無」の2条件で行ったところ、①シートベルトをした場合の頭にかかる衝撃力が約13000Nで、しない場合の約1.6倍、②首の根元にかかる衝撃力も約1700Nになり、しない場合の約1.3倍になった。シートベルトにより身体が自転車に拘束されるので、自身の体重に自転車の重量が加算されたものが頭や首に衝撃力として働くため、ダメージが大きくなる。これだけ大きな荷重がかかると頭部も頸椎も大きな損傷を受け、例えばヘルメットをしていても両部位ともに致命傷を負う危険がある。シートベルトもヘルメットも重要な保護具であるが、限界があることがわかる。



## C1.6 天窓墜落事故

### (1) 実際に起こった事故

2008年に東京都杉並区の小学校屋上で行われた算数の授業の後、男子児童がアクリル製ドームの天窓に乗ったところ、ドームが割れて1階の床に墜落し、死亡した。

建設当初は、屋上は児童が使用しないことを前提に鍵を掛けていたため、天窓の周りに柵等の安全対策も施していなかった。  
ところが、いつ頃からか屋上を使用した授業が行われるようになり、不幸な事故につながった。

### (2) 再現実験でわかったこと

小学6年の平均体重を有するダミー人形で実験したところ、飛び降りる高さが低いと天窓は壊れず、反力でダミー人形が飛び上がった。このことから、アクリル性ドームの弾力性と、ドームとその下の網入りガラス間の空気による空気ばね効果により、天窓がトランポリンのような働きをすることが分かった。天窓に残っていた足跡は、児童が天窓でトランポリン遊びをしていたためについたものと思われる。

子供は、身の回りにあるものを何でも遊び道具にしてしまう。しかも、建物の設計時の前提が傳承されていない。

本事故は、前提と実態との差（すき間領域）が原因となった典型例である。



## C1.7 群衆雪崩

### (1) 実際に起こった事故

#### 1) 弥彦神社

1956年、新潟県の彌彦神社で、初詣に約3万人が殺到して群衆雪崩が起き、124人が死亡、77人が重軽傷を負った。

#### 2) 明石花火大会

2001年、兵庫県明石市の花火大会で、会場に向かう客と帰り客が合流する歩道橋の南端で群衆雪崩が起き、11人が死亡、222人が怪我をした。死者のうち9人が10歳以下の子供、負傷者の7割が女性であった。

4コマ漫画はその時の様子を示す。

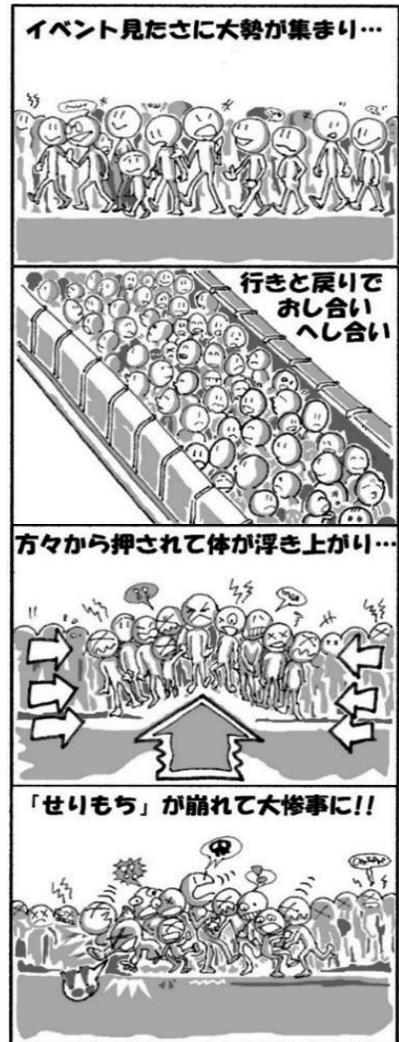
### (2) 実目でわかったこと

①**想定不良**：明石花火大会事故では、海水浴客用の歩道橋に想定をはるかに超える花火客が押し寄せたうえ、災害弱者である高齢者や子供、女性客が多かった。

②**迫持（せりもち）構造**：群衆雪崩は、迫持構造が崩壊したときに起こる。その限界が1㎡あたり10人とされているが、明石花火大会では13～15人と、それを優に超えていた。

大地震や火災で、大勢の人が建物の出口に殺到しても群衆雪崩は起きる。

群衆雪崩は、身近で起こりうる大事故の一つと考えておいた方がよい。



## C1.8 「安全・安心」社会の危険

### (1) 機械・システムへの過度の期待

近年、我が国においては、機械やシステムが飛躍的に進化・発展したことにより、過去に経験したような大きな事故は起こりにくくなっているため、「安全・安心」な社会が構築されたと“誤って”思い込む人が増えた。さらに、機械やシステムによって、安心して安穏な生活まで保障してくれるという幻想を抱く人まで出てきた。

### (2) 本当の危険

「安全・安心」な社会ができると考え、それを望む人たちは、「安全・安心」が最優先事項になり、実現のための様々な制約条件を考えずに、危険をなくすことが当然と考えるようになる。

そのような人たちが多数を占めるようになると、機械やシステムの所有者や管理者は、危険を様々な手段で封じ込めているのに過ぎないのに、大勢に迎合して「安全・安心」な機械やシステムがさも実現したかのようにいうようになる。

危険学では、「危険はなくなるらない」と考える。すなわち、危険学的には、上述のような実態から全く遊離した状態が“一番危険”と考えている。福島原発事故は、その典型例である。



## C2 自然災害の危険

我が国は自然災害の多い国である。

特に終戦直後は、枕崎台風（死者・行方不明者：3756人）、福井地震（同3769人）、伊勢湾台風（同5098人）などの大災害が続発した。特に福井地震は、1か月後に起こった梅雨による集中豪雨災害が重なり、被害がさらに拡大した複合災害であった。

それ以降我が国は、高度経済成長の歩みに合わせて近代的な土木技術を使った様々な防災施設を作り、自然災害から人命や財産を守ってきた。

ところが、東日本大震災や近年の気候変動が原因で極端化した集中豪雨により頻発する洪水や土砂災害の多くは、これまでの防災施設の想定値を超えたところで生じている。しかも、被害を拡大させているのは、防災施設への過信からくる我々国民の認識や意識の問題によるところが大きい。

そこでここでは、自然災害について改めて考えてもらうために、危険学的に大事と思われる事項を選んで4コマ漫画にした。また、漫画とは別に、漫画の内容理解に役立つよう、実際に起こった災害事例や危険学プロジェクトが行った被災地の実見から得られたことも合わせ述べる。

- C2.1 防潮堤
- C2.2 津波の破壊力
- C2.3 平野部の津波被害
- C2.4 ハザードマップ
- C2.5 平時の安全対策が有事には障害に！
- C2.6 自然の力を“いなす”
- C2.7 おかしも
- C2.8 津波てんでんこ

## C2.1 防潮堤

### (1) 防潮堤への過信と甘え

防潮堤というと、万里の長城と称された岩手県宮古市田老の防潮堤が有名である。この地は何度も甚大な津波被害にあった経験から、防潮堤で避難の時間を稼ぎ、裏山に逃げるという考えで町全体が設計されている。

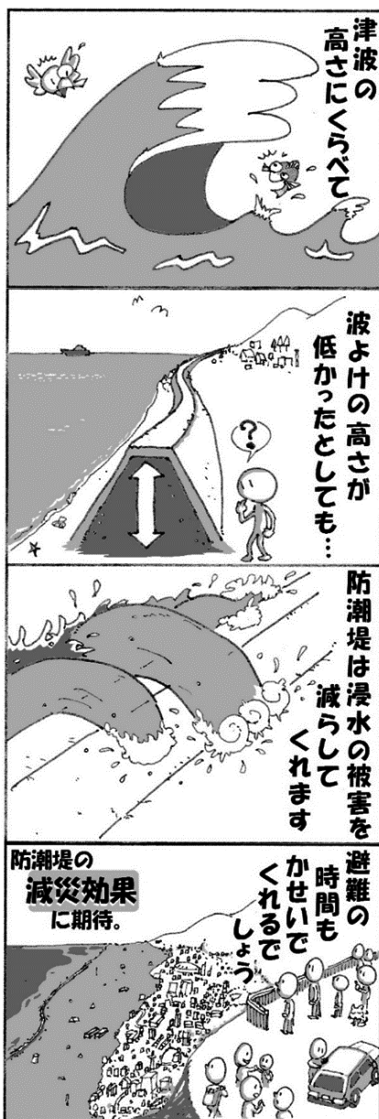
ただ、東日本大震災では、住民は、①防潮堤が近年の津波をことごとく防いでくれた、②高齢者が多いうえに寒い時期であった、③最初の津波高さ報道が3mであった、などから防潮堤を過信して避難しなかった人が相当数いて被害が拡大した。

### (2) 名称変更

安全帽は安全を保障するものではないので、誤解を招かないために“保護帽”という名称に改められた。

防潮堤もこれにならい、「減潮堤」、「避難支援堤」、「減災堤」など、目的や機能を示す名称に改める方が良い。

繰り返すが、防潮堤は津波を完全にシャットアウトできるものではなく、避難のための時間を稼いでくれる“減潮堤”，“避難支援堤”，“減災堤”に過ぎないのである。



## C2.2 津波の破壊力

### (1) 水の塊（カタマリ）が押し寄せる

我々は、①津波は水深の浅い海岸で波が重なり合って高くなる、②幅が狭まった湾奥で急に波高を増す、など実際に起こる現象で理解している。しかし、津波は本来、海底の隆起により持ち上げられた水、あるいは海底の沈降により低下した海面を埋めようとする水が横移動していくことによって生じている。

それが東日本大震災では、震源が水深の深い沖合 70km にあり、その真上の海底が 3m も隆起するマグニチュード 9 の海溝型大地震であったため、津波となって横移動する水の量は膨大で、海岸にはまさに“大きな水の塊”となって押し寄せた。

### (2) 一切合切持ち去った

防潮堤を乗り越えた津波が滝のように真下に落下して地面を抉る，“洗掘（せんくつ）”が起きると、重いコンクリートブロックも津波の衝撃力で簡単に横転する。しかも、東日本大震災では、海岸に押し寄せた水は無限ともいえるものであった。そのため、防潮堤を乗り越えた津波は傾斜面を駆け上がり、その先にあった全ての物を飲み込み、破壊した防潮堤の間から、地上の物を一切合切沖合に運び去ってしまった。



## C2.3 平野部の津波被害

### (1) 思い込みは恐ろしい

明治三陸大津波以来、大津波はリアス海岸特有のものと誰もが思っていたが、東日本大震災では平野部に大津波が襲来し、平野部の多い宮城・福島両県を合わせた津波犠牲者数が、リアス海岸の多い岩手県の2倍にもなった。

「平野部に大津波は来ない」と思い込み、津波への備えがおろそかになっていたからである。

### (2) 自然は正直である

1611年、伊達政宗の時代に起こった慶長三陸地震では、津波が内陸深くまで押し寄せたため、街道を宮城県海岸沿いを走る国道6号線(旧陸前浜街道)付近に移したといわれている。869年の貞観津波でも同県多賀城市にある「末の松山」の山裾で津波が止まったと百人一首で歌われていて、東日本大震災でも同じことが起きている。

まさに、東日本大震災は貞観津波と慶長三陸津波の再来といつてよい。

東日本大震災は「未曾有」ではない。我々が、地上に残されている歴史津波の痕跡や文献の記述を見逃したり、科学的根拠がないとして、「なかったことにしている」だけなのである。





## C2.4 ハザードマップ

### (1) 実際に起こった津波災害

東日本大震災では、ハザードマップの津波予想ライン近辺で大勢の人が亡くなっている。予想ラインは、ここ数百年の“既往最大”の津波境界に過ぎないのに、多くの人がその線以上に津波は遡上しないと錯覚して逃げなかった結果である。

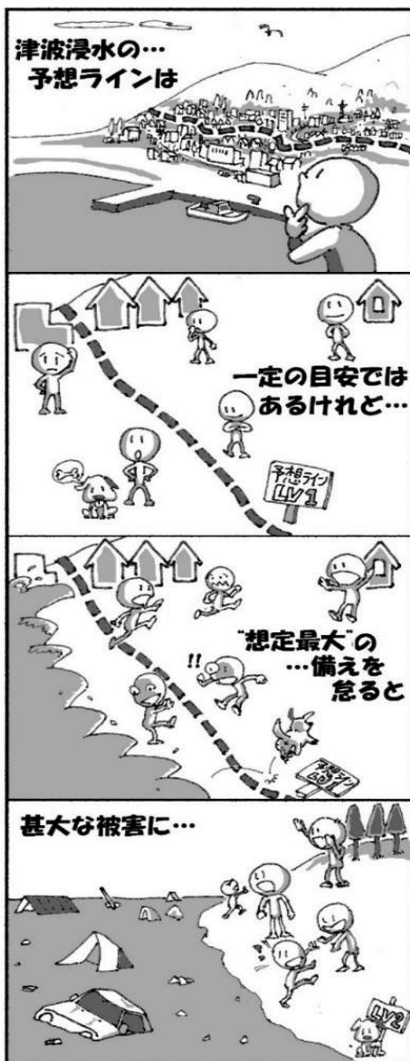
### (2) 既往最大と想定最大

東日本大震災の後、津波災害想定をレベル1と2に分けた。レベル1は既往最大（数百年単位）、レベル2は想定最大（千年単位）の津波災害をもとにしている。このレベル管理は、洪水、高潮、内水氾濫など、その他の自然災害にも適用されるようになった。

### (3) 気候変動による極端現象

近年我が国では、気候変動による極端現象が頻繁化して毎年のように豪雨災害が発生し、しかも、ほとんど例外なくハザードマップに示されている場所や地域で起こっている。

これまで災害がないからといって油断してはいけない。自身の住んでいる地域のハザードマップ、さらには上述のレベル管理に沿って備え、適切な避難行動をとることが肝要である。



## C2.5 平時の安全対策が有事には障害に！

### (1) 実際に起こった障害

大地震が発生すると、運行中の電車は全て緊急停止する。

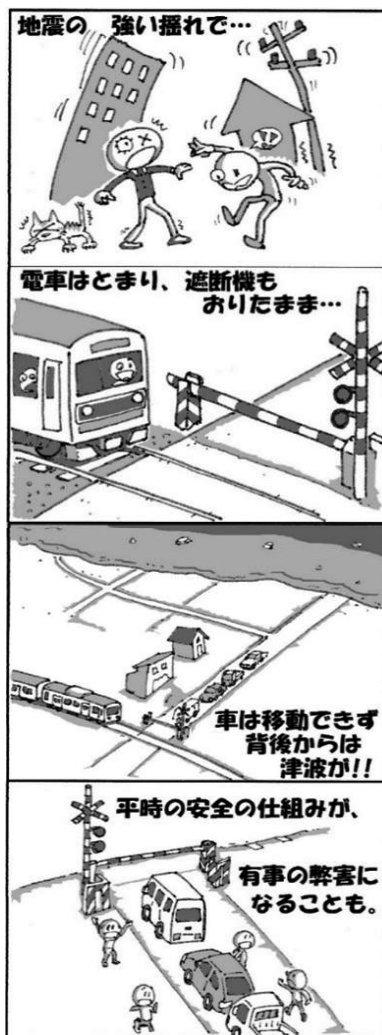
東日本大震災では、福島県の常磐線新地駅に電車が緊急停止した。そのため、駅に近い踏切の遮断機が下りたままになり、迫りくる津波から逃げようとする自動車が踏切でせき止められ、一時渋滞を起こしていたと伝えられている。4コマ漫画で、その時の状況を示す。

### (2) 有事の障害

地震で鉄道の遮断機が下りたままになると渋滞が起こり、消防車や救急車などの緊急車両も思ったように動けなくなる。これが大都市では混乱を増幅させ、大きな問題となる。

東日本大震災では、周囲より一段高い東北自動車道を開放し、避難者や自動車が逃げ込めるようにした。また、女川原発では、施設を津波避難者に開放した。これらの機敏な処置により、多くの人命が救われている。

これらの例を参考に、それぞれの地域・場所で、“平時の安全”と“有事の安全”の両立について考え、それをルール化し、有事でも機能するようにルーティン化する必要がある。



## C2.6 自然の力を“いなす”

### (1) 信玄堤にみる古人の知恵

牛馬や人力しかない時代に、武田信玄は“信玄堤”と称される大規模な治水システムを構築し、川の氾濫で苦しむ甲府盆地の民を救った。“将棋頭”や“高岩”で水の勢いを減らし、堤防に切れ目を入れた“霞堤”で水を逃がして洪水を防ぎ、その維持のため堤を祭りの神輿の通り道に定めて締め固めさせたという。

信玄堤には、まさに人知が凝縮されている。

### (2) 知恵を生かす

自然の力は強大で、力で対抗しては到底適わない。また、防災インフラは作り、維持するのに人、物、金が必要である。

そのため、数十年に一度程度の災害に対する防災インフラは作れるが、東日本大震災のような千年に一度の災害に耐えうるものは、たとえ作ったとしても、平時は無駄以外の何物でもない。自然の強大な力には、人の知恵を最大限に生かし、“しのぐ”“いなす”ことが必要で、信玄堤に学ぶべきことは多い。

### (3) 実見-信玄堤

甲府盆地にある信玄堤は500年前に作られたもので、2006年に実見した。



その頃利用できた力やエネルギーと現在の人間が利用できる機械力や石油を使ったエネルギーを比較してみる。

人間一人を例えば0.1馬力と考え、今の機械が100馬力だとすると、当時は今の1/1000の力しかない。 自然と戦っても到底勝ち目がないから、信玄の時代は自然と適当に付き合い、破滅的破壊に至らないようにしようと考えたのである。 信玄堤では、山の中から噴き出してくる土石流または洪水をそのまま受け止めるのではなく、“将棋頭”という将棋のような形で水を2つ、4つ、8つと分けていって水の勢いを削いだ上で、さらに水同士をぶつけてエネルギーを減殺したり、水を“高岩”に衝突させて水勢を弱める、など様々な工夫により自然の猛威をそらしている（写真C1.1）。



(a) 将棋頭(水を2つに分ける)



(b) 高岩(水を衝突させ水勢を弱める)

写真C1.1 信玄堤に見る先人の知恵

## C2.7 おかしも

### (1) 的確でわかりやすい

緊急時には瞬時の判断と状況に応じた的確な行動が求められる。

その点“おかしも”には緊急時に必要なものが全て凝縮されている。

事故や災害経験が少ない子供には特に貴重であり、訓練を重ねることで自然に身につくことが望ましい。

### (2) 大人にこそ必要

東日本大震災では“逃げない”大人、特に高齢者が問題となった。多くの消防団員、介護士や家族を巻き添えにしたからである。

日本は都市への集中化と地方の過疎化、少子高齢化に気候変動による極端現象が加わり、災害脆弱性が一段と進んでいる。“おかしも”は小学生や幼稚園・保育園児の基本教育に必要であるが、既に高齢化社会の日本では災害弱者を含む大人用の新たな防災標語や防災教育・訓練が必要になっている。

### (3) 防災意識の低さが最大の問題

東日本大震災では、その地域に長く住み、ある程度津波の経験を積んだ人が逃げないというのが最大の問題になっている。 自力避難困難者が津波の浸水域内に住んでいること、想定や検討が不十



分なまま決められた指定避難所なども問題になっている。特に避難場所については、その性格や機能など、きめ細かく考える必要があり、平坦な所には半径300m 範囲内にいる人たちが避難できる高所が必要である。このような観点から見ると、南海トラフ巨大地震津波への対策はまだ不十分である。

#### (4) 日常動作への回帰こそ問題

いったん逃げたのに、忘れ物を取りに戻って津波に流されたという話も聞く。忘れ物を取りに戻ったという、物への執着があるように受け取り、「命と引き換えにすべきものなどない、物の執着を捨てるべきだ」という意見を聞く。しかし、このような理解は間違いで、日常動作への回帰が起こっていると考えるべきである。逃げる時は危険から逃れたい一心で必死に逃げるが、津波が来るまでに時間的余裕があると段々と落ち着き、通常の思考過程に戻るのである。岩手県大槌町の海岸脇のホテルでも、携帯電話を取りに帰る宿泊客を助けようとした消防団員が津波で流されたという（写真 C1.2）。このような話を聞くたびに、正しい避難には避難者の心理の研究が非常に大事だという気がする。



写真C1.2 浪板海岸脇の旧浪板観光ホテル(現三陸花ホテル)  
(宿泊客は避難して全員無事だった)

## C2.8 津波てんでんこ

### (1) 古くから伝わる津波避難の教え

“津波てんでんこ”という言葉は、津波を伝えるための活動を一生かけて行った三陸地方の津波史家の山下文雄氏がとなえたものである。津波が予想されるときは、親・子・兄弟などにかまわずいち早く避難するよう促す言葉である。

同じ趣旨のことを1993年に瞬間的な大津波に襲われた奥尻島でも聞いた。「人助けるな」,「もの持つな」である。こんな簡単な言葉もないが、こんな重い言葉もない。

### (2) 新たな津波避難の教え

群馬大学の片田敏孝先生（2011年当時）は釜石の小・中学生に「想定にとらわれるな」、「最善を尽くせ」,「率先避難者たれ」という津波教育をしていた。この教えが、東日本大震災では生きた。

地震発生とともに隣り合う釜石東中学校、鵜住居小学校の児童・生徒が片田先生の教えを守り、近隣の住民を巻き込み、お互いに助け合いながら避難し、小・中学生約570名全員が無事に避難した。「釜石の奇跡」である。素晴らしい津波避難の教えである。



## C3. 福島原発事故

福島原発事故については、A編とB編で詳しく述べた。

スリーマイル島事故，チェルノブイリ事故，9.11テロ，スマトラ島沖地震・津波災害など，福島原発事故前に起こった事故や災害の数多くの教訓を，原発関係者，さらには国民が生かしていたなら，福島原発事故がはるかに軽微なものになっていたと思われる。

しかも，あれだけの大事故を起こしておきながら，いまだに真の事故原因に基づいた備えや対策について真摯な議論がなされていない。進んでいるのは，表面的な対策のみである。これでは，再発防止どころか，他分野でも同種事故が起こるように思えてならない。

そこでここでは，福島原発事故の中で最も核心的問題である「想定外」「避難」「災害関連死」「除染・帰還」について，4コマ漫画にして改めて考えることにした。

C3.1 想定外

C3.2 避難

C3.3 災害関連死

C3.4 農地は復旧すらされていない



## C3.1 想定外

### (1) 背景要因

2004年に震度7の新潟県中越地震が起きた。1995年の阪神・淡路大震災以来観測史上2回目の大地震である。その3年後の2007年に震度6強の新潟県中越沖地震が発生し、東京電力柏崎刈羽原発に被害が出た上、微量の放射性物質が海に漏出したため、再稼働には約2年を要した。

数年の間に近距離で大地震が連続して発生しただけでなく、微量とはいえ放射性物質が海に流出したことから、これ以降原発は地震対策が最重要課題となり、「津波」が皆の頭の中からスッポリ抜けてしまったのである。

### (2) “想定外”を想定した備え

福島第一原発が津波襲来によって全電源を喪失し、ベント・代替注水等の緊急時対策にことごとく失敗したことによって、炉心熔融を伴うレベル7の重大事故を引き起こしてしまったことは既に述べた。

人はどんなに調べ・考えても気づかない領域が残る。“想定外”は避けられないのである。

“想定外”が避けられないのであれば、“想定外”があることを数のうちに入れて“備え”、被害を最小化するのが正しい対策である。



## C3.2 避難

### (1) 放射性プルームの襲来

住民に長期にわたる避難生活を強いることになった放射性物質の約9割が、水素爆発していない福島原発2号機から放出された。 その放射性物質は、放出時間帯に吹いた北西の風に乗って谷合いを移動し、雨や雪とともに地上に降下した。

避難する人たちは目に見えない放射性プルームがどの方角に飛来しているかなど皆目分からないまま、政府や自治体の出す避難指示に従い移動した。

### (2) 見えない恐怖

放射性物質は、針葉樹であるイグネ(屋敷林)の葉や枝に付着すると、葉の生え変わりに時間がかかるため長くそこにとどまり、放射線を出し続ける。家と周囲の地面を除染しても、周辺の高い針葉樹から放射線が降り注いでくるのである。また、放射性プルームが通過した谷沿いの林は放射線量が高い上に、地形的に除染が困難なため、放射能の自然減衰を待つしかない状態である。

居住区内では人体に影響がない程度の放射線量であるといわれても、住民にとっては、放射性物質が目に見えないだけに、何ともいえない気重で憂鬱な存在である。



### C3.3 災害関連死

#### (1) より深刻な問題

福島原発事故による災害関連死者数は2200人を超えている。避難所、仮設住宅などにおけるストレスの多い生活が原因である。さらに、被曝による漠然とした健康不安や子供の将来への不安、周囲の無理解や偏見などが加わる。農産物や魚介類に対する風評被害もある。

#### (2) 避難が寿命を縮める

避難が人間に与える影響については、1986年のチェルノブイリ原発事故での避難に実例がある。当時のソ連が行った強制避難措置の結果、避難した人の平均寿命は、しなかった同じ地区の住民に比べて7年も短くなったという研究成果がある※。

避難しなかった住民は放射線の影響を受け続けていたかもしれないが、結果的にそれによる健康被害より、避難がもたらす肉体的・精神的な影響の方が大きかったと考えられる。この例は、帰還までの許容避難期間は最大3年として避難計画を立てなければならないことを示している。

※ ロシア政府報告書『チェルノブイリ事故

25年 ロシアにおける影響と後遺症の克服についての総括および展望1986～2011』

2011年。中川恵一『放射線医が語る被ばくと発がんの真実』ベスト新書、2012年。



### C3.4 農地は復旧すらされていない

#### (1) 水田の一等地が仮置き場に

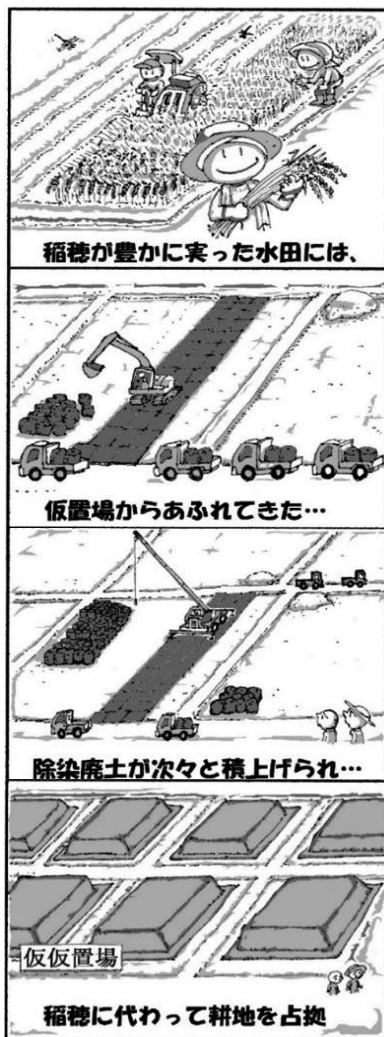
中間貯蔵施設の建設遅れによって除染廃土の仮置き場が足りなくなり、福島県飯舘村近辺では水田の一等地を仮置き場とすることで除染作業が行われた。農民にとっては、一番肥沃な水田の表土を除染で剥ぎ取られた上に水田そのものが除染廃土の仮置き場になったのであるから、断腸の思いであつたろうと推察される。

#### (2) 復旧すらされていない

水田を仮置き場にするため、最初に重機を使って水田の表土を剥いで除染を行った後、除染廃土の入ったフレコンバッグをトラックで運び込み、クレーン車でそれを5段に積んだ。約5mの高さになる。1袋が約1トンなので、1m<sup>2</sup>あたり約5トンの重さになる。最後に、全体にシートをかけて、中間貯蔵施設の受け入れ順がくるまで仮置きされるのである。

この一連の作業で、水田の下に張り巡らされていた塩ビ製の排水管がつぶされてしまっている。しかも、中間貯蔵施設の整備が計画より大幅に遅れていて、除染廃土も当分の間は水田の一等地を占拠することになると思われる。

復興どころか、水田は復旧すらされていないのである。



## 【事故・災害遺構】



2006/4/18

御巢鷹山に墜落した日航機の隔壁展示～JAL 安全啓発センターにて～（D2.1.2 航空機事故 参照）



岡田先生

2008/10/21 畑村撮影

有珠山噴火被災地実見の案内をしてもらった北大岡田弘教授(当時)と筆者、後方は噴火による地盤変動と地震で崩れた元精神病院（D1.2.2 背中合わせの活火山 参照）



2011/5/7 撮影

東日本大震災の大津波で岩手県大槌町・民宿の屋根に打ち上げられた「はまゆり」と筆者（D2.1 事故・災害の動態保存 参照）

## D. 危険に向き合う

「危険学プロジェクト」を10年間実施した後、「得られた知識の社会への伝達と実践」を目的に「ポスト危険学プロジェクト」を3年間行った。

知識の社会への伝達や実践と同時に、期間の後半は東日本大震災や福島原発事故被災地を中心に実見し、大震災や大事故からの復旧、復興状況を調べた。

そこでここでは、その「ポスト危険学プロジェクト」の実見で得られたことに最初の10年間の活動で得られた知識や知見を交え、“危険にどう向き合ったらよいか”について考えたことを述べる。その中心となる考えは、筆者が福島原発事故の政府事故調査・検証委員会委員長として事故を総括した「委員長所感」に集約されている。

最も伝えたい基本的な考えなので、我が国の現状に対する問題提起の意味を込めて、解説文とともにそれらを一括提示する。

### D1. 日本の国土と自然災害

我が国は阪神・淡路大震災や東日本大震災などの大地震・大津波災害だけでなく、長く停滞する前線や大型台風によって引き起こされる大小の洪水、内水、高潮災害やそれに伴って起こる土砂災害、噴火災害など、自然災害の多い国である。そこでまず、我が国における自然災害の危険について考えてみる。

#### D1.1 日本の国土

日本列島はプレートの沈み込みによって海底の堆積物が陸地に押し付けら

れてできた付加体，噴火に伴う溶岩や火山灰，沖積平野などからなる．埋め立て地もある．そのため，山は急峻で川は急勾配，平地は浸水しやすく，地盤は軟弱である．そのような国土に手を加えながら，日本人が2千年近くにわたって営々と土地利用を進め，現在の形に至っている．特に第2次世界大戦後に相次いで発生し，多くの犠牲者を出した大地震や大型台風による災害を踏まえ，防災インフラの新設・増強や災害対策基本法，耐震基準など法・基準の整備，各種防災訓練の全国展開など，ハード・ソフト両面からの対策が急速に進められていった．

その一方で，高度経済成長に歩調を合わせるように未利用の低地，高地，傾斜地等の開発・転用や道路・鉄道網の整備が進んだ結果，あらゆるもの大都市への集中と地方の過疎化が進んだ．それに近年の少子高齢化，さらには気候変動に伴う極端現象が加わり，災害脆弱性が以前とは形を変えて現出していて前述した戦後の混乱期に戻ったような心配な状況にある．

東京の場合，直下型大地震による液状化で堤防が沈下，崩壊したところに豪雨が襲えば，堤防が決壊して大洪水が発生する．利根川が1947年に襲来したカスリーン台風で決壊したが，それと同量の流出水が北千住あたりで地下鉄に流れ込むと，地下鉄のトンネルが導水路となって銀座が水浸しになることもシミュレーションで明らかにされている．東京都内は環状7号線の地下貯水池など様々な洪水対策がなされているものの，周辺の都市化や人口集中のスピードの方が速いため，近年の気候変動による極端現象を考え合わせると，今後はカスリーン台風並みの災害が頻発化する恐れがある．

## D1.2 自然災害要因

前述のように自然災害の要因は数多くあるが，ここではそのうちの4つについてより詳しく考えてみる．

### D1.2.1 日本列島は地震の巣

日本は面積が世界の0.2%しかない。ところが、地震発生回数が全世界の約2割を占めている。我々は、まさに、地震の巣の上に住んでいるといえる。

#### (1) 活断層地震

個々の活断層における地震の発生確率は、1千年から数万年に一度程度である。それにも関わらず、地震発生確率を30年という人間の時間尺度に無理に合わせてあらわすため、発生確率は当然低くなる。

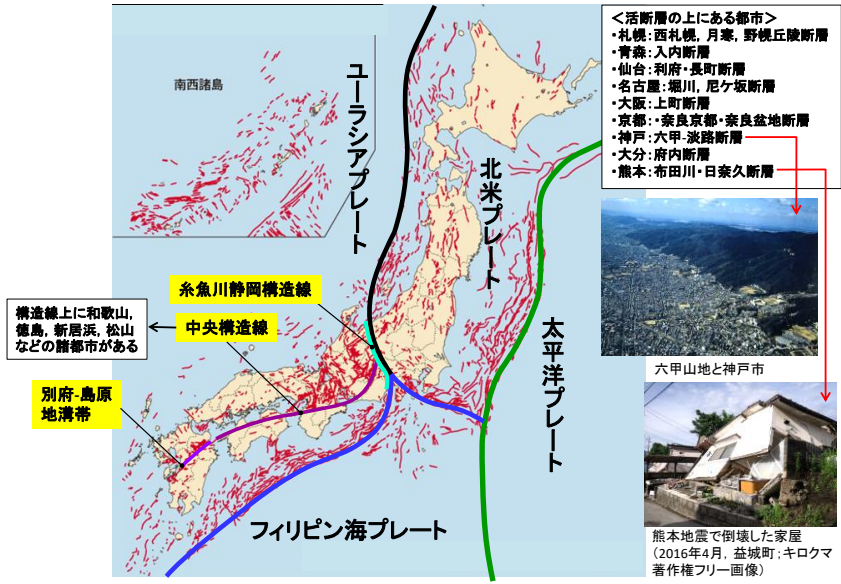
2016年に2度の震度7を記録した熊本地震の発生源となった布田川断層帯の発生確率は0~0.9%であった。地震学者は「主な100の活断層の中では発生確率がやや高いグループに属する」として布田川断層の発生確率は正しかったと説明しているが、一般にはそのように受け止められていない。その証拠に、大地震前は、熊本県は地震が少ないことをセールスポイントにして積極的に企業誘致をしていたほどで、「30年以内の地震の発生確率」は一般人の直感的理解には馴染まないのである。

一方、4つのプレートが会合する日本列島には、地表に現れている活断層が約2千、地表に痕跡がないものを含めると約1万にもなる。そのため、全国レベルでは、活断層地震がいつ、どこで起こっても不思議ではない(図D1.1)。

しかも、多くの都市が活断層の上にあるため、震源が浅いと大災害になる恐れがある。首都直下地震が起きると首都機能が麻痺し、日本中が大混乱に陥ることが危惧されているが、プレートが動いている以上、いつかは必ず起きるのでありそれへの備えは怠れない。

活断層は地上だけでなく、海底にも数多くあって、海底地震を引き起こす。2007年の新潟県中越沖地震がそれで、近くにあった東京電力の柏崎・刈羽原子力発電所が被災して大きな問題になった。この時は、津波は大きな問題にならなかったが、海底の活断層地震による津波も警戒を要する。





図D1.1 活断層・構造線と都市所在

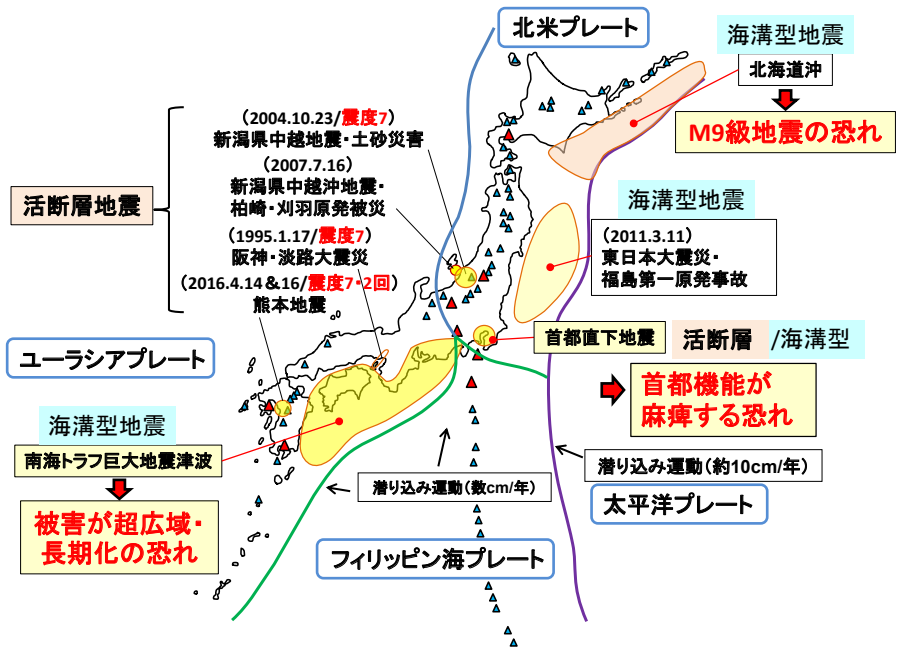
国交省資料に筆者が加筆

## (2) 海溝型地震

海溝型地震の個々の発生頻度は「数十年から数百年に一度」程度であり、活断層地震と比べるとはるかに多い。

太平洋プレートの場合、潜り込みのスピードが約 10cm/年であるため、プレート境界では 40 年で 4m, 百年で 10m, 千年で 100m ものズレが発生することになり、数十年も経過すれば、プレート境界部でいつ地震が発生しても不思議ではない (図 D1. 2)。そのため、個々の地震の「30 年以内の地震の発生確率」は高くなるが、巨大地震・津波となると発生個所が限られてくるので、その発生頻度は低くなる。

ただ、プレートは常に動いているので、前述した「首都直下地震」、さらには被害が広域にわたり、しかも長期化する恐れのある「南海トラフ巨大地震・津波」や「北海道沖巨大地震・津波」は、近い将来に必ず起こる。



図D1.2 活断層地震と海溝型地震

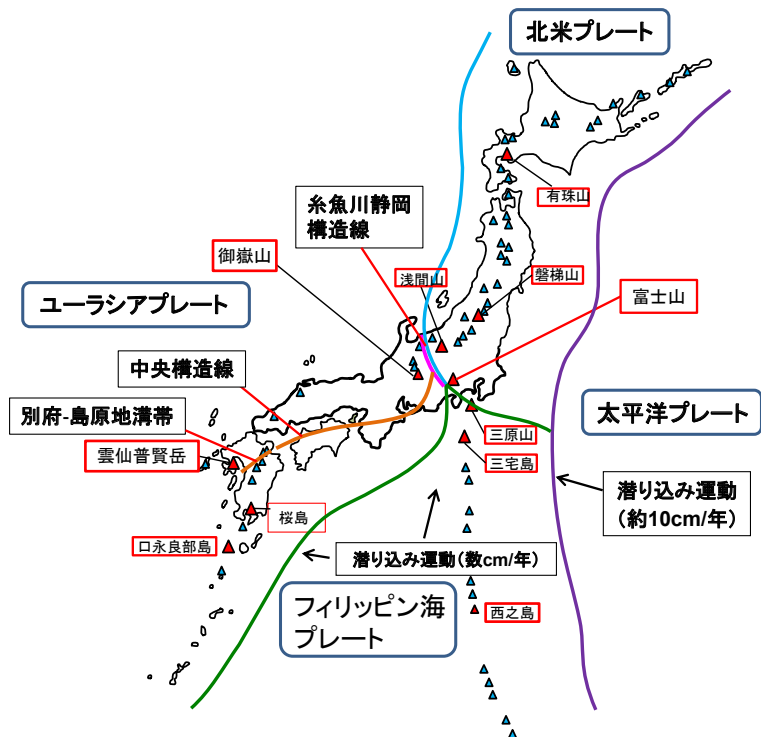
【補足-D1.1 地震の発生確率】

- ・地震で大事なことは、発生確率の「高低」に惑わされないことである。発生確率が低くても地震は起こるし、発生確率が高い方が先に起こるわけではない。
- ・フィリピン海プレートの潜り込み速度は太平洋プレートの約半分なので、同じズレになって地震・津波が発生するには、2倍の年数を要する計算になる。

D1.2.2 背中合わせの活火山

(1) 日本の活火山

活火山は概ね1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山をいい、日本には111個ある。北方領土・北海道・東北地方の脊梁山脈から伊豆半島・伊豆諸島まで連なる火山群の太平洋側の縁を「火山フロント」と呼び、太平洋プレートが沈み込む千島海溝・日本海溝・伊豆小笠原海溝とほぼ平



図D1.3 プレート運動と火山

行に伸びている。一方、山陰地方から九州を縦断し、トカラ列島に続く「火山フロント」があり、こちらはフィリピン海プレートの沈み込みによって形成されている（図D1.3）。

## (2) 身近な活火山

ここ 30 年の間に起こった以下の噴火の例を挙げるまでもなく、多くの人が活火山と背中合わせで暮らしている。

地下のマグマ活動が原因で起こる噴火は地下を透視することができないため予測が難しい。しかも、溶岩流・火砕流ともに速度が速く、噴火した後に避難したのでは手遅れである。災害が長期化・広域化するのも噴火の特徴である。

### 【最近 30 年間の主な噴火災害】

- ・1986 年 三原山：溶岩が流出。一時全島民が島外に避難。
- ・1990～1995 年 雲仙普賢岳：火砕流により，火山学者，マスコミ関係者，警護中の消防団員や警察官など 43 名が犠牲。
- ・2000 年 有珠山：北大の岡田弘教授が噴火を事前に予知し，全住民を避難させることに成功。
- ・2000～2002 年 三宅島：多量の火山ガスを放出。全島民が島外へ避難。
- ・2014 年 御嶽山：紅葉が見ごろだったため，戦後最悪の 58 名が犠牲。

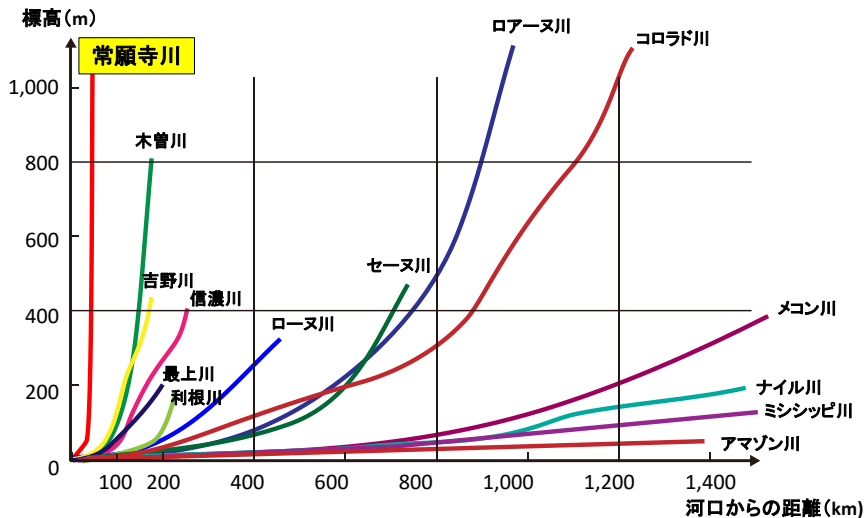
### D1.2.3 滝のような川

日本は山が多く急峻で，川は急勾配であるが，ダム（水防・砂防），遊水池，堤防等で守られているため，土砂・洪水災害の危険と隣り合わせであることを忘れがちである。しかし，図 D1.4 に示すように，日本の河川は世界の大河と比べると滝のように急勾配で，降雨による流量変化が際立っている。これに，近年の気候変動による極端現象が加わり，毎年のように洪水や土砂災害が起こるようになっている。

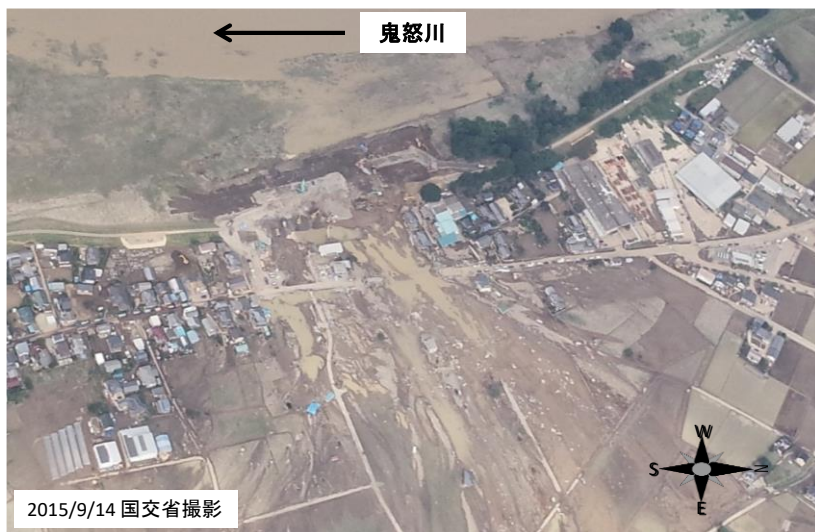
#### (1) 洪水

線状降水帯が特定の箇所長く居座って大水害になった 2015 年 9 月の関東・東北豪雨災害では，降り始めから 1 日後には鬼怒川を中心に多数の川が決壊し，常総市では広範な浸水被害が発生した。決壊地点より 10km 下流の常総市役所付近でも冠水被害が発生し，冠水深が 1.5m にもなった（写真 D1.1）。急激な事態の進行と行政の不手際とが相まって大勢の市民が逃げ遅れ，4 千人を超える人がヘリコプターやボートなどで救出される異常事態となっている。

このほか，2018 年 7 月の西日本豪雨では，岡山県の高梁川（たかはしがわ）の支流小田川，並びにその複数の支川が，本川高梁川の水が逆流するバックウォーターの影響で堤防決壊や氾濫が生じ，真備町の低地が広範に浸水している。



図D1.4 滝のように急勾配な日本の河川  
(国交省資料に筆者が加筆)



写真D1.1 鬼怒川決壊地点「常総市三坂町」

また、2019年10月の超大型台風19号（令和元年東日本台風）は東日本から東北地方を中心に広い範囲で観測史上1位の記録を更新する大雨となり、千葉、長野、福島、宮城県など広範にわたる地域で大洪水を引き起こしている。

## (2) 土砂災害

A編で2008年の岩手・宮城内陸地震に伴う土砂災害について述べたが、東日本大震災が起こった2011年の9月にも、紀伊半島で100年前に起きた十津川災害の再来ともいえる大規模な土砂災害が発生した。台風12号による豪雨が原因で多数の深層崩壊が起こり、崩壊土砂量が紀伊半島分だけで約1億 $m^3$ にもなった。（写真D1.2）。

また、前述の2018年7月の西日本豪雨では、広島市で大規模な土砂災害が起きた。広島市は、その4年前の2014年にも土砂災害を起こしている。

さらに、2019年の令和元年東日本台風（台風19号）でも、土砂災害が史上最多の821件も起きている。



2013/5/15畑村撮影

高さ 450m

幅 600m

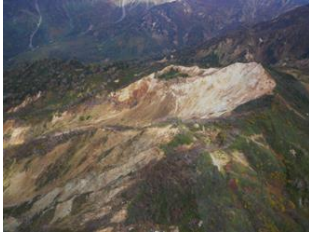
長さ 960m

崩壊土砂量 2513万 $m^3$

斜面勾配 33度

斜面方位 北西

写真D1.2 十津川村栗平地区の深層崩壊現場



立山カルデラの鳶崩れ



土石流災害を防ぐための砂防ダム



大転石

写真D1.3 鳶崩れ, 大転石と砂防ダム

2010/10.12  
手塚撮影

### 【補足-D1.2 滝のような常願寺川の土砂災害 (図 D1.4)】

山に大量の雪が残っていた安政5年(1858)4月の飛越地震がきっかけで、立山連峰に源を発し、富山市を流れて富山湾に注ぐ常願寺川で起こった2度の土石流災害は、現在の富山市まで及んだ。土石量は約4億 $m^3$ に達し、富山市(東京23区の6割強に相当)をほぼ1mの深さで埋め尽くす量に相当する。

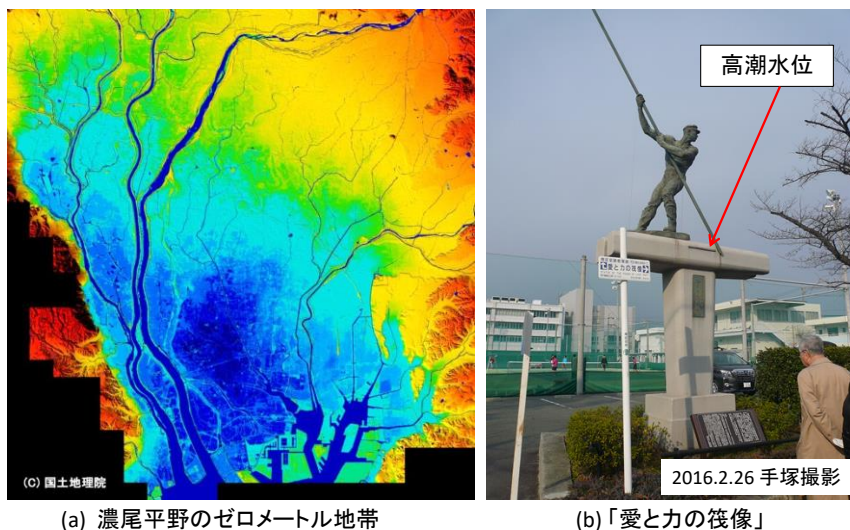
川の源が標高3000mの立山連峰にあって富山湾に注ぎこむ常願寺川はまさに「滝」のような川(図D1.4)であって、その扇状地には、その土石流災害の証である100~600トンの大転石が40数個分布している。この土石流災害を防ぐための砂防工事は、明治39年(1906)から令和の今に至るまで、100年以上にわたって続けられている(写真D1.3)。

#### D1.2.4 過密な低地帯

低地なのに高い堤防で守られていると、危険と隣り合わせであることを忘れてしまう。しかも、東京、名古屋、大阪等の大都市の低地は人口密集地帯で、周りに多くの方が住んでいるため、正常性バイアス、同調性バイアスが働きやすく、危険度が一層増す。このような危険な状態のまま、地震、洪水、高潮などが相前後して発生する「複合災害」が起きると、地震による堤防の液状化・沈下による浸水範囲の拡大や道路陥没、落橋などによって避難がより一層困難になり、被害が急拡大する恐れがある。

濃尾平野では、伊勢湾台風で最高潮位5.8mにも達した高潮によって広範な農地に海水が浸入したため、塩害対策として地下水による洗浄を実施した。そ





(a) 濃尾平野のゼロメートル地帯

(b) 「愛と力の筏像」

写真D1.4 伊勢湾台風とゼロメートル地帯

の結果、大規模な地盤沈下が発生し、濃尾平野だけで日本のゼロメートル地帯の面積の約 1/3 を占めている。名古屋市南区にある大同高等学校のグラウンド前に設置された「愛と力の筏」像に示されている高潮水位は、人の背丈をはるかに超えている（写真 D1. 4）。

### 【補足-D1.3 水防法の改正】

C 編で述べたように、東日本大震災の後に津波災害想定を“レベル 1（既往最大）”と“レベル 2（想定最大）”に分けて管理するようになったが、水防法も同じ考え方、すなわち“レベル 1（50-150 年に 1 度の大雨）”，“レベル 2（千年に 1 度の大雨）”という 2 区分に改められ、2015 年 11 月に施行された。

これに伴い、東京の江東デルタ地帯でレベル 2 の洪水や高潮が想定される事態において、250 万人もの要避難者の具体的避難法について種々検討がなされているが、規模が大きすぎて議論がなかなかまとまらない。このような手詰まり状態を受け、東京都江東区は 2019 年 5 月に約 70 万人の区民に対して、千葉や埼玉などへの広域避難を求めた。正しい政策選択である。



## D2. 実見で感じたこと・考えたこと

都合 13 年間の危険学プロジェクト活動を締めくくる 3 現（現地，現物，現人）として，2019 年に以下の 4 か所を実見した。

- ・ JR 東日本・事故の歴史展示館（社員の安全教育施設）
  - ・ 御巢鷹山（日航ジャンボ機墜落現場）
  - ・ ハッ場ダム（利根川上流にある多目的ダム）
  - ・ 宮古市田老・大槌町・釜石市・陸前高田市（東日本大震災津波被災地）
- その実見の概要と実見で考えたことを以下に述べる。

### D2.1 事故・災害の動態保存

危険学では，3 現，再現実験とともに重要と考えているのが動態保存である。

この動態保存という言葉は，元々鉄道事故などを起こした電車などを動く状態で皆に見せて，その動きを伝えようとするための言葉であるが，ここではそれが機能を果たす状態で，または起こったそのままの状態で保存し，誰の目にも触れるようにするのが大事という意味でこの言葉を使っている。東日本大震災の津波被害など様々なものに，この考えを当てはめるとよい。

例えば，岩手県大槌町赤浜の民宿の上に打ち上げられた釜石市の観光船「はまゆり」，宮古市田老の防潮堤内で唯一残った「たろう観光ホテル」，気仙沼市鹿折唐桑駅横に押し上げられた 330t の漁船「第 18 共徳丸」などがあるが，これらのうち災害遺構として動態保存されることになったのは，残念ながら「たろう観光ホテル」のみである。

そこで，2019 年度に社員の安全教育施設である JR 東日本・事故の歴史展示館と日航ジャンボ機墜落現場御巢鷹山を実見した際，鉄道事故と航空機事故の動態保存について改めて考えたことを以下に述べる。

## D2. 1. 1 鉄道事故

2019年4月に、東北新幹線・新白河駅にあるJR東日本の事故の歴史展示館（本館，考察館，車両保存館の3つからなる）を見学した。この研修施設は、2002年にJR東日本の総合研修センター（福島県白河市）内に設置されて以来長年社員研修に使われてきたが、2018年に本館が改装され、再オープンした。社員研修用の設備であるが、JR東日本が危険学プロジェクトの会員会社であることから、特別に見学させてもらった。

改装された「本館」には、安全の原点，信号冒進・速度超過，異常時対応，列車火災，車両管理・設備管理，保守・建設工事，労働災害，自然災害，ホーム・踏切の9分野に分類された過去の貴重な事故関連情報が展示されている。どの説明も，デジタルサイネージ（電子的な表示機器を使って情報を発信するメディアの総称）が使われていて，見学者が自分の頭の動きに合わせて内容を選択できるようになっていて“合腦的”である。しかも，展示内容が「現地でどのようなことが起こったか」「現場がどうなったか」「関係者には事故がどのように見え，どのようなことを考えたか」の3現思想で作られている上に，「事故が現在どのように生かされているか」の説明もある。

「考察館」には、2014年に川崎駅構内で起きた京浜東北線の脱線事故車両が展示されていて、列車脱線事故を考察するようになっている。また、「車両保存館」には、2004年の中部地震で脱線した上越新幹線車両，2005年に突風を受けた羽越本線車両，2011年の東日本大震災で津波被災した常磐線車両が展示され、命を守ることの大切さ，鉄道員の責務の重さを実感するようになっている。

事故の伝達には，実物展示に勝るものはない。展示物が観るものに直接語り掛け，観るものの疑問や思いに直接応えてくれるからである。さらに，事故の歴史展示館は，本館の改装以降はどの施設もデジタルサイネージによる，いわゆる「出力型学習（アクティブラーニング）」ができるようになっている。事故に限らず，展示館はこのような“出力型”スタイルが望ましいように思う。

## 【補足-D2.1 主観的展示のすすめ】

危険学では、危険がどこにあるのか、それはどんな特性を持っているかを皆で知って、対応や対策を予め考えることが非常に大事であり、そのためには、客観ではなく主観が大切であると考えている。客観的な事実をどんなに丁寧に展示しても、観る人の心に訴えるものはわずかでしかないからである。それよりも、主観に訴えてその人の心の中に事故に学んだ中身がきちんと沈着するようにすべきである。

公正に代わって偏見を持たなければならない。展示をすると公正が求められる。しかし、偏った視点に立つのもであっても、その展示を観る人が求めている形にしなければ、観た人が受け取ることができない。公正を期すよりは、一つの視点で観る人の求めに応じるように展示すると考えるべきである。

公的な機関や税金を使ってやるようなところではそういう自由な活動ができない。だとしたら、私的にやるしかない。そのような考え方があちこちで生まれてきて、成長していくような社会であって欲しい。

### D2.1.2 航空機事故

1985年に日本航空のジャンボジェット機「JAL123便」が群馬県の御巢鷹山に墜落して520名が亡くなった。

危険学プロジェクトでは、この事故から25年目にあたる2010年に最初の慰霊登山を行い、2019年5月に4回目の慰霊登山を行った。1回目と2回目の慰霊登山は、墜落事故(1985年)の25年目にあたる2010年の5月15日と26日に行っている。2回に分けたのは、参加希望者が90人近くになったためである。3回目は、事故から30年目になる2015年5月23日に行った。いずれも、「危険学」で最も大事にしている3現(現地・現物・現人)で行っている。

御巢鷹山墜落事故の3現とは、“現地”として御巢鷹山慰霊登山を行い、“現物”としてJAL安全啓発センターで事故機の隔壁・残骸・遺品等を見学し、“現人”として遺族や事故関係者の講演を聴講したり、“現地”に向向き、“現物”を前に体験談を聞くことを通して「参加者が頭の中に事故の全体像を構築し、自らが事故を防ぎ安全を実現するため努力する主体となること」を言う。

今回も事前に JAL 安全啓発センターを見学し、慰霊登山では、8.11 連絡会事務局長の美谷島邦子氏、御巢鷹の尾根管理人の黒沢寛一氏、元 JAL 安全啓発センター所長に同行してもらい、移動中のバスの中や慰霊の園、御巢鷹の尾根の関係する場所、箇所、物について話を聞き、質問、感想等を述べ合っている。

慰霊の園では慰霊塔に献花・黙とうし、御巢鷹の尾根では、昇魂之碑に向かって各人が犠牲者の冥福を祈った（写真 D2.1）。

御巢鷹山事故の慰霊行事には、当該事故の遺族や関係者のみならず、福知山線脱線事故や笹子トンネル事故の遺族など多くの事故遺族やボランティアが集うようになっていて、事故から 30 数年を経て、御巢鷹山は事故遺族や関係



写真D2.1 慰霊登山

者、さらには事故撲滅を願う人たちの“聖地”になったといえる。 また、この事故を契機に、事故後の遺族対応、原因究明、責任追及、再発防止、遺品の取り扱い、補償問題、後世への伝達等多くのことが改められた。まさに、「御巢鷹」は新しい安全文化の形を作ったのである。

ただ、原因究明、制度や仕組みの改善等いずれについてもまだまだ不十分な面があるし、遺族の高齢化も進んでいる。自然災害による参道や施設の損傷もある。安全には継続性が最も重要で、御巢鷹に残された物をどう引き継ぎ発展させていくかが、後に続く世代の大きな課題として残っている。

### D2.1.3 交通安全のための事故品展示場ツアー

いつの日か、航空、鉄道、船舶の各事故を展示した交通安全のための事故品展示場ツアーができるようになるとうい。

展示には、設計者を始めとする交通事故関係者が考えたこと、考えなかったこと、後から振り返ればこういうことを考えておくべきだったということ、を是非とも入れてほしい。事故後こういうことをやっておくべきだったと考へたとしても、日本の社会では責任問題と直結するため、それを口にすることができないし、具体的な表現をすることができない。非常に残念なことである。

これら3種類の事故に関する実物を見せることによって、訪問者に交通事故の防止や対策を考える場を提供するような考へが是非欲しいと思う。

## D2.2 洪水対策

これまで述べてきたように、我が国は自然災害の多い国であり、防災インフラなしには住めない。

そこでここでは、計画から完成までに70年を超える年月を要した防災施設である八ッ場ダムについて述べる。

## D2.2.1 ハッ場ダム建設に至る経緯

D1.1 で述べたように、戦後間もない1947年9月に房総半島南端をかすめて通過したカスリーン台風と停滞していた前線がもたらした大雨によって利根川や荒川が決壊して埼玉県東部から東京都の東部にかけての広い範囲で浸水被害が発生し、犠牲者は2千人近くにのぼった。

この大災害を踏まえ、国は1949年に全国10水系を対象とする「河川改訂改修計画」を策定し、利根川水系では、大規模なダムを8ヶ所建設する方針を立てた。そのうちのひとつがハッ場ダムで、様々な事情によって工事が遅れたが、特に2009年秋に誕生した民主党政権が「コンクリートから人へ」のキャッチフレーズのもとに堤体工事を中止したことによって有名になった。

約2年間の堤体工事中断後に再開されたハッ場ダム建設工事は、一般の人が工事を間近で見られる同工事事務所主催の見学ツアーが盛況で、2019年には来場者が75万人に達したそうである。筆者らが、堤体工事がストップしている2010年に見学したときのハッ場ダム周辺の陰鬱で閑散とした風景と比べると、隔世の感がする。

## D2.2.2 ハッ場ダム実見

2019年5月に、堤体のコンクリート打ちが完了したハッ場ダムを見学した(写真D2.2)。

ハッ場ダムの堤頂から下流を見回すと、真っ先に美しい吾妻川の溪流が目に入ってくる(写真D2.3)。治水・利水・発電等のダム機能と景観保持の両方を託されたのがハッ場ダムで、前述したようにツアー参加者数が75万人を超えるほどの盛況となったのは、“美しくも荒々しい自然との共存”が日本人にとって永遠のテーマであることを図らずも示している事象の一つかも知れない。



写真D2.2 ハッ場大橋(上流側)から見た堤体



写真D2.3 堤頂から見た工事中的下流側ダム設備と吾妻川溪流

### 【ハッ場ダム】

- ・所在地：群馬県吾妻郡長野原町
- ・型式：重力式コンクリートダム
- ・総貯水量：1億750万 $\text{m}^3$

### 【補足-D2.2 2018年と2019年の自然災害】

前述のように、日本列島は温帯地域にあって四季に恵まれ、美しい山々や海岸風景が楽しめる一方、緯度、地形やプレート運動等の影響を受け、地震、津波、

噴火，風水害，土砂災害など自然災害が多い国でもある。

近年，これに気候変動による極端現象が加わり，大災害が続発した終戦直後の頃と似たような「心配な状況」にあるが，そのことが以下に示す 2018 年と 2019 年の自然災害からもわかる。しかも，続けて襲来した 2 つの台風，あるいは東日本大震災と台風との「二重災害」にあった人が多いところにも類似性がある。

#### <2018 年の主な自然災害>

- ・年初の豪雪と草津白根山の水蒸気噴火
- ・6 月 17 日の大正 12 年以来の群馬県地震と 18 日の震度 6 弱の大阪北部地震並びに 9 月 6 日の全道ブラックアウトを引き起こした北海道胆振東地震
- ・7 月 5 日から 8 日にかけて広島，岡山，愛媛の 3 県を襲った西日本豪雨
- ・9 月 4 日の台風 21 号による近畿地方の風水害

#### <2019 年の主な自然災害>

- ・8 月 26 日から 28 日にかけて九州北部で豪雨
- ・9 月 9 日に襲来した令和元年房総半島台風（台風 15 号）による千葉県を中心とした風水害
- ・10 月 11 日から 13 日にかけて関東から東北地方を襲った令和元年東日本台風（台風 19 号）※による大洪水と土砂災害

※ ハッ場ダムが 2019 年 10 月 1 日から試験湛水を始めたところに東日本台風が襲来したため，試験を省略し，満水に近い 7600 万トンの水を溜めた。これによって利根川や江戸川の水位の異常上昇が防がれた。旧民主党による堤体工事中断後の突貫工事が報われた結果となり，流域住民にとって実に幸運であった。

## D2.3 津波被害からの復興

2019 年 11 月末に，東日本大震災津波被災地である岩手県の宮古市田老，大槌町，釜石市鶉住居，両石，陸前高田市の復興状況を調査した。B 編との関連で，このうち田老と大槌について主に述べる。



## D2.3.1 実見で分かったこと、感じたこと

### (1) 復興状況

大槌町は、東日本大震災から8年もの年月を経て、多くの町民がようやく盛り土の上に建てられた新居に住めるようになったそうである。日常への復帰は3年が限度と考えている筆者には“長過ぎる”の一言に尽きる。

巨大防潮堤はまだ工事中で、完成にあと2年かかるとすると、新防潮堤内の産業エリアや海側の漁業施設関連の建設が本格化し、働く場が増えるのはその先、大震災から10数年後ということになる（写真D2.4）。

復興のための施設工事や新居の建設ラッシュが続いているうちに、町再建の方策が定まらないと、容易ではない状況のように思える。

### (2) 防潮堤と浸水被害

2019年の台風19号による豪雨で、田老の旧第一防潮堤内の排水能力が不足し、東日本大震災後に防潮堤内に作られた「道の駅たろう」の施設で広範な浸水被害が発生した。田老と大槌町との間にある山田町の田の浜地区では、津波用に新設された防潮堤が山からの出水を堰き止めたため、住居の2階の高さまで浸水している。



写真D2.4 復興した街並と産業エリア空き地



写真D2.5 田老の高さ14.7mの新防潮堤

台風や長雨による浸水被害は、津波よりはるかに頻度が高い。田老の巨大な防潮堤が人と海を遮断し、浜の生活が海から隔絶されてしまうのも心配である（写真 D2.5）。高台での生活は、災害には強くても買い物など日常生活には不便で、これらの点で大槌町も状況は全く同じある。

田老も大槌も復興には“いまだ道遠し”という状況である。

### D2.3.2 災害遺構と東日本大震災津波伝承館

災害遺構となった「たろう観光ホテル」（写真 D2.6）と陸前高田市の東日本大震災津波伝承館を見学した。

「たろう観光ホテル」では、宮古観光文化交流協会の説明を聞きながら、震災当時に同ホテルの社長だった松本氏が撮影した6階で津波襲来ビデオを見た。これで4回目になるが、津波の凄まじい威力をまざまざと示していて、何回見ても胸に迫るものがある。

陸前高田市の東日本大震災津波伝承館は高田松原津波復興祈念公園内にある。復興祈念公園は、東日本大震災による犠牲者への追悼と鎮魂や、震災の記



## 写真 D2.6 東日本大震災の津波で被災したたろう観光ホテル

録と教訓の後世への伝承とともに、国内外に向けた復興に対する強い意志と発信のため、岩手・宮城・福島 の 3 県に一つずつ作られているとのことである。

津波伝承館は、JR 東日本の事故の歴史展示館と似たような展示手法によるもので、津波で被災した消防車等の現物展示（写真 D2.7）やデジタル技術を使った各種展示が非常に充実している。特に、B 編で述べた国土交通省東北地方整備局の“くしの歯作戦”は、当事者の生々しい証言により、急場の人知を超えた活動などが学習できるようになっていて、防災関係者のみならず、一般の人にも非常に参考になる。

公園内には奇跡の一本松と津波で無残に壊されたユースホステルがあり、当時の津波の凄まじさを余すところなく物語っている（写真 D2.8）。このホテルは、1996 年に日刊工業新聞社から出版した「続々・実際の設計～失敗に学ぶ～」の共同執筆者の一人が、出版の前年に三陸海岸の津波石碑調査に来た際に泊まったところで、1995 年から始まる津波被災地実見の長い旅の出発点に戻ったような気がした。



写真 D2.7 被災消防車の現物



写真D2.8 被災したユースホテル

### 【補足-D2.3 大槌町 旧町役場庁舎について】

旧大槌町の役場庁舎は耐震補強がなされていなかったため、東日本大震災の突き上げるような揺れを受け、マニュアルに従い、柱のモルタルが剥がれ落ちる中、老朽庁舎前の戸外に災害対策本部を立ち上げた。「津波高さ3メートル」という気象庁の最初の津波警報を職員の一人がラジオを通じて入手していたこともある。ところが、そこに大津波が襲い、災害対応にあたっていた町長を含め 39人の職員が殉職した。

この旧庁舎を災害遺構として残すか否かについて、町を二分する大論争が起こった。「岩手県大槌町 東日本大震災記録誌 生きる証」によると、保存派の62%が女性、解体派の82%が男性であったとのことである。この違いの裏には、「板子一枚下は地獄」と言われた北洋サケ・マス漁の乗組員である夫の死を日常的に意識しながら必死で生きてきた世代の女性の思いがあり、その一方で、被災した旧庁舎の姿が、日本製鉄の事業縮小に始まり、オイルショックや200海里問題による漁業の衰退という社会変動の中で経験した敗北感の象徴のように感じる世代の男性の思いがあるそうだ。この一事だけでも、「被災した構造物は後世への伝承のために災害遺構として残すのがよい」と一概には言えない、被災地の様々な事情があることを示している。

旧庁舎は最終的に2018年に解体され、2019年に跡地が緑地化された。保存派と解体派のどちらにも共通する思いは「しがらみのない新しいまちづくり」であり、町を二分する大論争も大槌町らしい、と「生きる証」は結んでいる。

## D3. 危険と向き合う社会

B編で述べたように、筆者らは2018年に福島原発事故被災地である福島県飯舘村に実見に出かけ、事故から7年経ってもなお不便な日常生活を強いられ、農地の復旧すらされていない帰還者の厳しい現実を知った。同時に、田中俊一元原子力規制委員会・委員長と政府事故調の委員長をした筆者・畑村の二人で、原発事故関係者が「どこまで考えておけばよかったか」をテーマ

に、2時間に及ぶ対談をした。そこで得られた結論は、「日本人は、これだけ悲惨な被害を引き起こした福島原発事故から学ぶことがなく、今後日本としてどうすべきか、どうあるべきか等について、何も考えていない。」ということである。

そこでここでは、福島原発事故の政府事故調査検証委員会・委員長として考えたことを改めて示し、さらにその先にある“危険に向き合える社会”について述べる。

## D3.1 福島原発事故が意味するもの

筆者は、福島原発事故における政府事故調査・検証委員会の委員長を務めたが、その事故報告書の巻末に「委員長所感」として、事故の総括をしている。それは、福島原発事故に、今の日本が抱える問題が全て集約されているからである。そこで、これからの日本を考えるにあたり、福島原発事故で考えたことを、改めて下記する。

### D3.1.1 伝えたかったこと

上述の「委員長所感」は、福島原発事故で学んだことを知識化したものである。事故調の委員長就任時に、100年後の評価に耐える事故調査にしたいと考えた。そのためには事故で学んだことを知識化すること、しかも時代が変わっても様々な分野に適用できるように普遍化することが重要と考えたからである。「所感」を報告書の記載通りに再掲すると、以下の7項目になる。A編で述べたことと一部重複するが、大事なことなのでそのまま記述する。

- ①あり得ることは起こる。あり得ないと思うことも起こる。
- ②見たくないものは見えない。見たいものが見える。
- ③可能な限りの想定と十分な準備をする。

④形を作っただけでは機能しない。仕組みは作れるが、目的は共有されない。

⑤全ては変わるものであり、変化に柔軟に対応する。

⑥危険の存在を認め、危険に正対して議論できる文化を作る。

⑦自分の目で見て自分の頭で考え、判断・行動することが重要であることを認識し、そのような能力を涵養することが重要である。

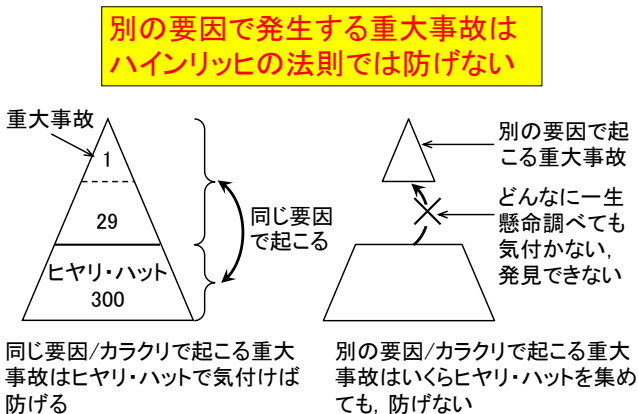
7項目のうち、①、②、⑤はものの味方・考え方、③、④は組織のあり方について述べている。⑥は文化のあり方、⑦は個人のあり方について述べている。

以下に、それぞれについて対応する事故の事象を引用しながら、詳しく説明する。

### D3.1.2 ものの見方・考え方について

あり得ることは起こる。あり得ないと思うことも起こる (①)。

A編で述べたように、人間は頻発する細かいトラブルに注意しすぎると、発生頻度は低い、一度起こると重大な結果をもたらすような事象を見落とす傾向



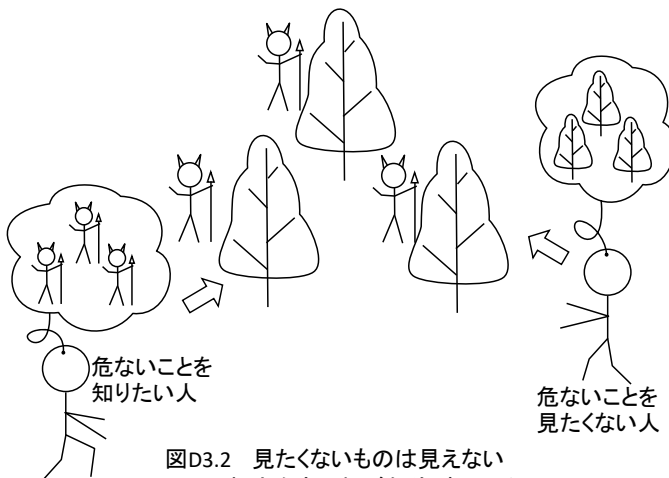
図D3.1 ハインリッヒの法則の間違った理解

向がある(図A3.1)。この点、我が国のほとんどの組織が「ハインリッヒの法則」、すなわち300件のヒヤリ・ハットをつぶして災害の芽をつめば、29件の軽災害、さらには1件の重大災害が“自動的”に防げるという考えにとらわれすぎている。

さらに突っ込んだ言い方をすると、本質的な問題に取り組みたくないため、ヒヤリ・ハット撲滅に「組織をあげて逃げ込んでいる」のである。福島第一原発事故の重大要因など別の要因やカラクリで起こる重大事故は、ハインリッヒの法則では防げない。本質的な問題を避けた形だけの対策では、何度でも類似の重大事故が起こる(図D3.1)。「あり得ることは起こる。あり得ないと思うことも起こる。さらには思いつきもしないことさえ起こり得る。」と考えて、国内外で起こった事柄や経験に学び、あらゆる要素を考えて論理的にあり得ることを見つけるとともに、最低限の対策を打っておくことが必要である。

見たくないものは見えない。見たいものが見える(②)。

人間は、物を見たり考えたりするとき、自分が見たくないもの、都合の悪い



図D3.2 見たくないものは見えない  
—視点を変えれば危険が見える—



ことは見えず、自分が見たいものが見たいように見えてしまうものである (図 D3.2)。聞くことも同じで、自分が聞きたくないこと、都合の悪いことは聞こえず、自分の聞きたいことが聞きたいように聞こえてくるのである。

そして、そのような事態は「あり得ない」とし、「見たくも聞きたくもなく、考えたくも想像したくもなかった」として問題を先送りしたつけが一気に回ってくるのである。

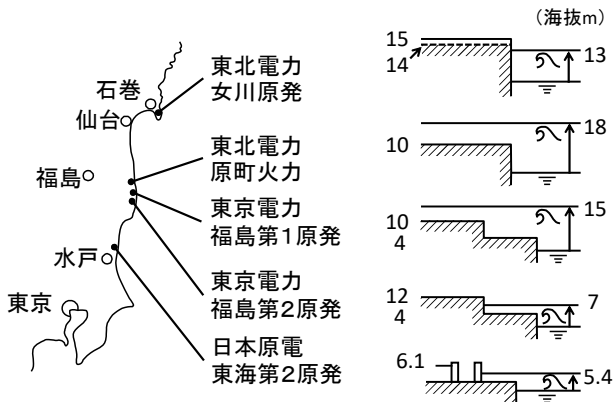
福島第一原子力発電所の設置認可申請がなされた当時の津波の想定高さは、1960年チリ地震津波の最大値 3.1m であった。その後東京電力は、5.7m、6.1m と順次高めて対策を打った。一方で平安時代の 869 年に起こった貞観津波の調査が進み、10m を超える巨大津波の可能性が指摘されたが、科学的に不確かとして対策には至らなかった。今世紀に入って科学技術の進歩が著しいが、それが進化すればするほど科学的に実証されたものでないと根拠のない、信頼に足らない説として排斥される傾向が強まっていて、新たな危険要因となっている。

それに加え、原子力委員会や原子力安全委員会で 1977 年以降、全交流電源喪失は送電線の復旧または非常用交流電源の修復が期待できるので「30 分以下」との理解が慣例化されてきた。原発関係者はこれを錦の御旗にして、長時間に及ぶ全交流電源喪失を前提にした非常時対策をまったく行ってこなかったため、それが 1 週間以上にも及ぶと、手も足も出なかったのである。

もう一つ“気”に包まれるという事がある。“気”とは、明示されていないまでも、一つの集団や地域、文化・風土圏に属する人々が共通して持っているマインドのことである。

我が国では 1896 年の明治三陸大津波以来、津波は「リアス海岸」という考えが半ば常識化していた。そのため、リアス海岸が続く宮城県牡鹿半島から以北の三陸地方では津波への警戒心が強いが、平野部からなる仙台湾以南の人にはほとんどなかった。その結果、石巻市で最大数の津波犠牲者が出ただけでなく、発電設備が大きな被害を受けている (図 D3.3)。

東北電力女川原発だけ例外で、大津波を想定して敷地高さを 15m とした。そ



図D3.3 発電所の敷地高さと津波高さ

のため、地震で1mの地盤沈下が起こったが、高さ13mの津波による被害が生じなかったばかりか、近隣の津波被害者の一時避難所にまでなった。

一方、日本原電東海第二原発は、2004年のスマトラ島沖地震・津波を受けて津波の再評価を行った茨城県の防波壁嵩上げ要請に従って津波想定高さを5.7mに変更し、2009年から4.2mの防波壁を6.1mに嵩上げする工事を行っていた。東日本大震災当時はまだ工事中であったが、この防波壁工事のお蔭で、危機一髪で難を逃れた。もし、この原発が福島第一原発と同じようにメルトダウンを起こしていたら、東京都民の一斉避難が必要になり、想像もできないような混乱に陥っていたと思われる。まさに“幸運”といえる。

“気”ということであると、地震大国である日本では、災害というと先ず地震となる。しかも、前述したように、2004年の新潟県中越地震と3年後に発生した新潟県中越沖地震を受け、原発の地震対策の緊急度がさらに上がったため津波対策が後回しになった。福島原発事故に関しては、こちらの“気”の方が、はるかに大きな影響を及ぼしている。

さらに我が国にとってより大きな問題は、「原発で過酷事故を起こしてはならない。起こさないようにするのが所有者・管理者・運用者である東京電力・

国の責務である。」とする国内世論である。こうなると、事故想定がそもそもできなくなり、必然的に事故対策も立てられなくなる。過酷事故を「起こしてはならないもの、無いもの」として一切想定させない日本の安全文化・風土の方が問題の根は深く、大きい。

すべては変わるものであり、変化に柔軟に対応する (⑤)。

前述したように、福島第一原発設置当初には十分な知見がなかった津波についても、その後の地震学の進歩や貞観津波をはじめとする歴史津波の調査により、福島県沖の地震・津波の可能性に言及した調査報告が出されていた。

また、海外では、スリーマイル島原発事故やチェルノブイリ原発事故、台湾第三（馬鞍山）原子力発電所の電源喪失事故、フランス・ブライエ原発の洪水による電源喪失事故、米国の 9.11 同時多発テロなどがあって、原発事故に関する知見が増していた。

それらは国、東電をはじめとする原発関係者に伝わっていて関係者間の知識となっただけではなかったが、その重大な意味を理解し、対策にまで落とし込んではいなかった。諸々の変化に柔軟に対応してこなかった原発関係者の怠慢が、今回の原発事故を引き起こしたのである。

### D3.1.3 組織のあり方について

可能な限りの想定と十分な準備をする (③)。

地震大国に立地する福島原発は他の原発と同じように地震の想定と備えは十分になされていて、東日本大震災においても原子炉など重要設備の地震による大きな損傷はほとんどなかった。しかし、大津波の想定は貧弱で、備えはなかったに等しい。

ところで、“可能な限りの想定と十分な準備”というとき、津波想定を無限大にしてそれに耐えようとてつもなく高く堅固な防潮堤を作ることだと考えるかもしれないが、それは費用が限りなく嵩み、実現性がない。必要なのは、予期せ

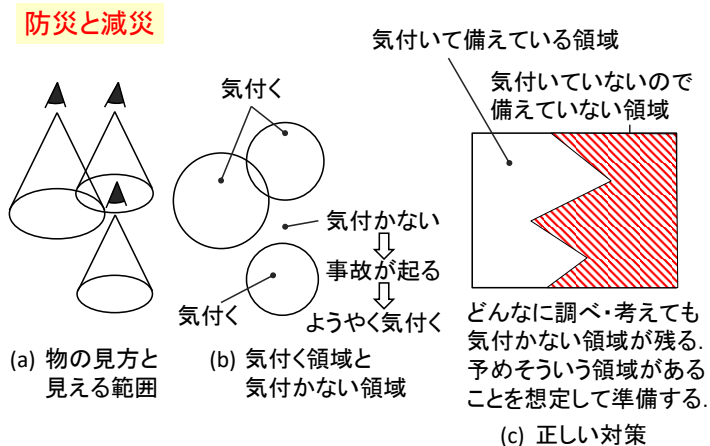
ぬ事態が起こっても最悪の事態に至らない対策である。たとえば、建物の水密性を高め、非常用の移動電源、コンプレッサと非常時訓練を受けた作業員がいればバントや代替注水ができ、過酷事故を防げていたはずで、しかも、それにはさしたる費用を要しない。

図 D3.4 に示すように、どんなに調べても考えても気づかないことが残る、考え残しがあるということを認めることである。さらに、思いつきもしないことが起こる可能性を否定せず、最悪の事態に至らない備えをすることである。

形を作っただけでは機能しない。仕組みは作れるが、目的は共有されない(④)。

何かのシステムや設備，組織を作っても，組織員がその目的を十分に理解していなければ，十分な活用はできない。

たとえば，前述したように，SPEEDI が福島原発事故のような具体的事故を想定して開発されていれば，もう少し有効に避難に活かすことができたように思える。また，原発から 5 km の距離にあつて事故の際に現地災害対策本部の拠点となるべきオフサイトセンターは，放射線防護設備の予算があつたのに 3 年間



図D3.4 どんなに考えても気づかない領域が残る

も何も行わなかったため、実際に事故が起こったときには使用できず、その機能を遠く離れた福島県庁に移さざるを得なかった。

さらに、内閣総理大臣を本部長とする国の原子力災害対策本部も形だけは整っていたが十分な機能を果たせなかった。国・東京電力本店・福島第一発電所対策本部の連携がうまく機能しなかったからである。そのため、当時の菅総理に必要な情報が伝達されず、待ちきれなかった菅総理が3月12日早朝にヘリコプターで自ら現地に乗り込んで、混乱している現場をさらに混乱させ、現場の指揮命令系統を乱したなど多くの批判が出たが、トップがその責務を果たすのに必要な事が行われていなかった非常時体制のあり方そのものの方により大きな問題があったといえる。

平時の仕事を効率よく確実に遂行するため、一定規模以上の組織は縦割り組織になっているが、この組織は有事において機能不全に陥る。それを見越して、多くの組織は有事のための横断的組織を作っているが、有事経験のないまま形骸化し、福島原発事故ではほとんど機能しなかった。しかし、この縦割り組織の弊害は東京電力だけに限らず、広く日本社会に見られる現象である。

#### D3.1.4 文化のあり方について

危険の存在を認め、危険に正対して議論できる文化を作る (⑥)。

原発はエネルギー密度が高く、有害な放射線を有する極めて危険なものである。このような危険なものを導入するに際しては、「危険だけれども使う」というところから議論を始めなければならない。

ところが実際は、いつのまにか「原子力は安全である」という言葉が独り歩きするようになった。その背景には、昨今の日本人が何に対しても絶対安全や安心を求めるようになり、事故を前提とした減災策や被害拡大防止策の策定を拒んできたからである。

“安全”は事故が起こらないこと、“安心”は危険を考えなくてよい状態をいう。しかし、絶対安全という理想的な状態を作り出すことは不可能であり、危

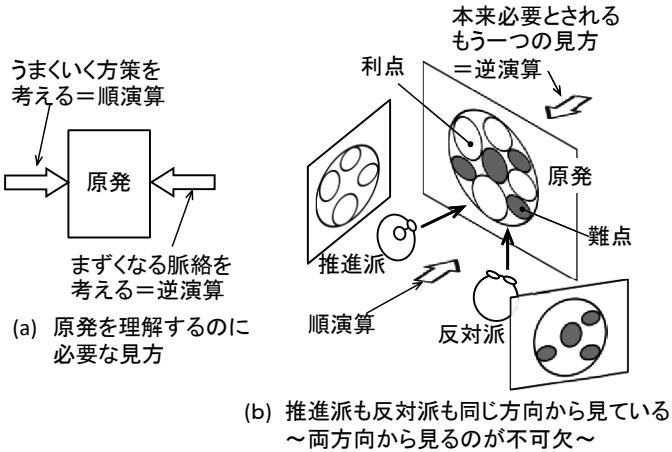
険のない状態などあり得ない。やれることは、危険の性質を知って、危険が発現しないように対策を打つとともに、たとえ危険が発現しても、被害を最小にする対策を打ってある状態にすること以外にない。そのためには、危険から目を背け、遠ざかるのではなく、危険を危険として認めるところから始めなければならない。

福島原発事故前の原発に対する考え方は、原発推進派も反対派も、安全を求める方向でしか考えないという点で同じであり、事故は起こるものとして被害を最小に抑える策が必要であるという視点がなかった（図 D3. 5）。

どんなに考えても、人間が考えることには考え落としがあることを素直に認め、事故はあり得ることと考える必要な備えをし、それが常に機能する状態を保つことが真の安全を実現することなのである。

D3. 1. 5 個人のあり方について

自分の目で見ても自分の頭で考え、判断・行動することが重要であることを認識し、そのような能力を涵養することが重要である（⑦）。



図D3.5 これから必要となる原発についての考え方

福島原発事故は、1～3号機が順次メルトダウン・メルトスルーに至るとい  
う過酷なものであったが、それでも現在程度の被害で収まっているのは、死を  
も覚悟して最悪の事態を阻止した現場力があつたお蔭である。1週間もの間ほ  
とんど寝ていなかった人もいたという。様々な考え違いや不手際があつたとは  
いえ、時々刻々と変化する事態に応じて、個々人がその場で何が用意でき、何  
が実行可能かを自分の目で見て自分で考えて判断し、行動したからである。  
我々は先ず、このように主体的・能動的に行動できる人間になると同時に、そ  
のような人たちを育てなければならない。

その一方で、原発技術者はこれまで意見を言わなすぎた。「原発は安全で  
ある」という言葉が偽りであったことは今回の事故が証明している。様々な安  
全対策は講じられていたが、それが十分でないことに気づいていた原子力技術  
者はいたはずである。そのような技術者が主体的に判断し、自分たちの意見と  
して声高に訴えなければならなかった。

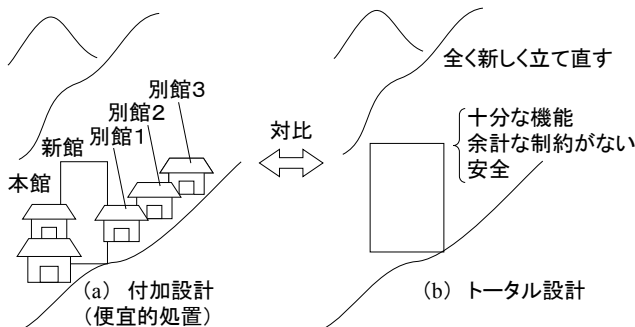
## D3.2 問題提起—危険に向き合える社会とは

これまで縷々述べてきたように、「危険に正対できる社会」、「事故や災害の  
教訓が共有できる社会」、「危険に対し“しなやか”で“しぶとく”対応できる  
レジリエントな社会」が、我が国に今ほど強く求められているときはないにも  
関わらず、現状は悲観的な状況にある。

最初に、それを以下の3つの視点から改めて考えてみて、問題提起としたい。

### D3.2.1 成功体験から抜け切れない日本

このところ、我が国の経済は長く停滞が続いている。2011年には福島原発  
事故も起こした。その理由はいくつもあるが、筆者は、我が国が、明治維新、  
さらには高度経済成長の成功体験から抜け切れずにいることが一番大きいよ



継足しをやっていると遂にはひどいことになる一山の中の温泉宿一

図D3.6 附加設計とトータル設計の差  
— 流用設計の恐ろしさ —

うに思える。我が国をとりまくあらゆるものが大きく変わっているにもかかわらず、「自ら見て、考える国民」がないのである。

その結果、個人の意識から社会のしくみに至るまで、明治維新と高度経済成長の成功体験の負の遺産が色濃く残っていて、変化に対応しているつもりでいても、いわゆる設計でいう“附加設計”の状態から抜けきれていないのである

(図 D3.6)。しかも、その打開策を自らの力で探り出す努力もせず、一方的に他に求めるだけの社会、すなわち

- ・“危険”があっても、“危険の存在”を認めず、その存在を許さない社会
- ・“完全”を求めるあまり、“危険”を取り除く試みすら許さない社会
- ・新しい試みに対する“失敗”すら許さない社会
- ・“安全”のみならず、“安心”までも他に求める丸抱え社会

になってしまっているように思える。

### D3.2.2 改まらない日本の安全文化

原発に対し、福島原発事故の後に新たに様々な安全対策が義務付けられたが、万一の際に格納容器を守るために追加設置する「フィルター付きベント」に対



し、実地テストは義務付けられていない。極微量ではあるが、放射性物質を外部に出すからという理由である。

福島原発事故では、1号機の非常用復水器（IC）が不動作であることに気づかず、メルトダウンに至る過酷事故を引き起こしたが、これも実地テストをした経験がないために関係者の誰も不動作に気づかなかったことが、政府事故調の調査で明らかにされている。これでは、「フィルター付きベント」などの安全設備がいくら追加設置されたとしても、福島原発事故のICと同じことになる恐れがある。

日本の原子力関係者は、今も特有の「気」に包まれているとしか言いようがない。しかも、福島原発事故の真の原因を究明しようともせず、事故当時の経営者の責任問題や法律違反など刑法の視点からしか見ずに司法に判断を委ね、責任追及できれば良し、とする日本社会は「未熟」としか言いようがない。

日本の“安全文化”は、あの福島原発事故を経験してもまったく改まっていないのである。

#### 【補足-D3.1 フィルター付きベント】

フィルター付きベントとは、福島原発事故を受け、建設当初のベント系から分岐して追加設置するもので、万一の炉心損傷により放射線量が増加することを考慮し、操作員が遮蔽壁の外から弁操作できるように安全面の改良もされている。金属フィルターと水スクラバーからなり、最初に水スクラバーで放射性微粒子を捕集し、さらに、水中を通過したものを金属フィルターで捕集する。この二段捕集システムで、放射性微粒子（放射性セシウム）を99.9%以上除去できる。

もしこれが、事故前に福島第一原子力発電所に装備されていて所期の機能を発揮していれば、例えば原発がメルトダウン、メルトスルーを起こしていたとしても放射性物質がほとんど外部に放出されず、原発事故に伴う避難騒動は生じなかったはずである。

#### D3.2.3 事故・災害の教訓が共有できない日本

安全は、危険学が唱えている「事故や災害は必ず起こる」という前提に立つ

て考えなければならない。

2004年の新潟県中越地震では、時速200kmで走っていた上越新幹線「とき325号」が脱線したが、151人の乗客は全員無事であった。これは、1995年の阪神・淡路大震災で山陽新幹線の高架橋が崩れ落ちたことに学び、JR東日本が、活断層があつて地盤の弱いところの橋脚を優先的に補強した結果である。

この地震対策はその後も継続されて東日本大震災に効力を発揮しただけでなく、前述したように、JR東日本の「事故の歴史展示館」で従業員が詳しく学習できるようになっている。また、航空機事故に関しては、JAL安全啓発センター、さらには御巢鷹山で、従業員のみならず、一般の人も事故原因や事故の悲惨な結果を学習できようになっている、広く事故防止に役立っている。

これに比し、真相がいまだ解明されていない福島原発事故は言うに及ばないが、東日本大震災の大津波被害で得られた教訓についても、まだまだ十分に生かされているとはいえない。近い将来必ず起こる首都直下地震や南海トラフ巨大地震・津波には、震災前、震災直後、復旧・復興など、あらゆるステージに対する備えが必要である。

教訓を、早く具体的な、実効性のある形にしなければならない。事故や災害は、決して、我々の事情や思惑など待っていてはくれないのである。

### 【補足-D3.2 テレビドラマによる情報伝達】

#### <ミスジコチャー>

2019年10月から12月まで、NHK総合テレビで毎週金曜日の夜10時に、失敗学・危険学の考えをベースにした「ミスジコチャー」という10回シリーズのドラマ番組が放映された。

超一流の工学研究者である女主人公が、事故調査委員会の委員でありながら、独自に、危険学が大事にしている「3現（現地・現物・現人）」に基づく調査や事故の「再現実験」を行い、次々と真相を暴いていくというシナリオになっている。

娯楽番組ではあるが、爆発、食中毒、医療事故やシステム障害、自動車事故などを組織事故と捉え、事故要因と一般に考えられているヒューマンエラーは、「結

果であって原因ではない」という考え方に立って作られた異色ドラマである。また、教え子とともにタイムマシンを開発してタイムスリップし、スリーマイル島・チェルノブイリ・福島という3大原発事故を防げたらという、失敗の教訓を生かし切れていない今の我が国に対し、大いなる警鐘を鳴らしている。

失敗学・危険学のエッセンスを広く世の中に発信できる番組であるため、危険学プロジェクトメンバーが総力を挙げて全10話の取材協力をしたほか、筆者が失敗学監修を行った。

### <首都直下地震>

2019年12月に、NHK総合テレビで、仮想の“パラレル東京”が首都直下地震に襲われたらどのようなことが起きるのかをドラマ化した番組が放映された。仮想の報道スタジオを舞台に、地震発生当日から時系列的に、起こり得る様々な事象や凄惨な被災現場、被災者が直面する苦痛や苦悩、報道する側の相克や葛藤などを映像化し、広く視聴者に訴えたのである。さらに、この番組を皮切りに、1週間にわたっていろいろな番組で、大都市、しかも首都の東京が地震に襲われたときの恐怖を、様々な角度から伝えた。

番組は、中央防災会議や各種研究機関のシミュレーション結果、これまでの地震災害で起こった様々な事象や実際の災害現場、救急現場などをもとに作られていて、非常に現実味のあるものに仕上がっていた。

映像には、文字では伝えられないものが数多くある。危険学プロジェクトが、事故の再現実験で“数値化”と“映像化”を行ったのも、同じ狙いである。

## D3.2.4 「3現」からすべてが始まる

「はじめに」の図0.3の中で、再現実験で知る、3現（現地・現物・現人）で学ぶ、聞いて知る、考えて知る、伝える、実践するなど、危険学プロジェクト活動で最も大事であると考え、実践してきたことについて述べた。

中でも、「3現で学ぶ」がすべての活動の出発点であり、重要である。

筆者は、東京大学工学部で30数年間、教鞭をとってきた。その間、教官、あるいは機械工学研究者として、その時々に必要な現地調査や学生を引率しての企業訪問、その関係者や友人の勧め、果ては自身の興味の趣くまま、国内外を問わず自ら現地に出かけ、現物に触れ、関係者（現人）に話を聞く、いわゆる

「3現調査」を行い、得られた知見や知識を授業や研究に生かしてきた。

そして、その時々を考えを集大成したものが、筆者が提唱する「失敗学」、  
「創造学」、並びに「危険学」である（【参考文献】参照）。

「失敗学」は、筆者が2002年の発足以来会長を務める「失敗学会」、  
「創造学」は、1986年の発足以来会長を務める「実際の設計研究会」、  
「危険学」は、2007年の発足以来代表を務める「危険学プロジェクト」で、それぞれの組織が、  
それぞれの考えに基づいて活動し、そこで得られた成果を、筆者のみならず、  
多くの会員が様々な媒体を通して、様々な形で世の中に広く伝達してきている。

これらのうち、危険学プロジェクトは一番新しい活動であり、筆者は、活動  
の当初から、「3現」による調査を意識的に行ってきた。

そのうち、自然災害関連の実見箇所を図D3.7、鉄道関連を図D3.8、原発関連  
（含ガス・石炭・地熱）を図D3.9に示す（ただし、危険学プロジェクト発足以前  
の実見箇所のうち本書に関係するものについては、図中に一部含めている）。

図D3.7の「自然災害関連」の実見箇所は、地震・津波、噴火、洪水（含東京  
のゲリラ豪雨対策設備）、土砂災害被災地や被災跡、災害復旧工事現場、防災・  
減災施設等多岐にわたる。その中で、東日本大震災津波被災関連の実見箇所  
については「赤字」で示している。また、左上の枠内にヘリコプタによる視察個  
所を示す。自然災害の全体像を知るには、地上探査だけでは不足で、空中から  
の視察が必須である（A2.2.3参照）。

図D3.8の「鉄道関連」の実見箇所も、大事故や東日本大震災・津波被災地  
（赤字で示す）、運行管理施設、車両製造工場、安全関連施設等多岐にわたる。

図D3.9の「原発関連（含ガス・石炭・地熱）」実見箇所は、福島原発事故に  
関する実見箇所（赤字で示す）が主であるが、筆者が我が国のエネルギー問題を  
考える上で必要と考えた施設も含まれる。

「危険に向き合う」社会を作るには、先ず個々人が自分の頭で考え、行動する  
ことが基本になる。その出発点が「3現（現地・現物・現人）」であり、各  
人・各組織が、真っ先にそれに取り組むことを強く望み、本篇の結びとしたい。

**へリコプタによる視察（土砂・崩れ）**

- 岩手宮城内陸地震被害（2009.10.1）
- 立山カルデラ・黒部川上流域（2010.10.12）
- 静岡へりポート往復（大谷崩れ）（2010.11.10）
- 静岡方面崩壊地（2010.11.12）
- 稗田山崩壊地（2012.10.9）
- 紀伊半島土砂災害（2013.5.12-15）

- 富士通岩手工場地震調査（2004.2.25）
- 岩手宮城内陸地震被害（祭時（まつるべ）大橋）（2009.10.16）
- 岩手宮城内陸地震被災地（荒砥沢）（2009.9.15）
- 奥利根ダム群（2010.8.26）
- ハツ場ダム（2010.8.27, 2012.5.19-20, 2015.7.7）
- 稗田山崩壊地（2012.10.9）
- 黒部ダム・立山カルデラ（2007.8.5-8）
- 兵庫耐震工学研究センター（2007.12.13, 2008.10.2）

**赤字：東日本大震災  
津波被災関連**

- 奥尻島津波（2007.7.6-07）
- 有珠山（2008.10.20-21）
- 三陸津波被災地（1995, 1996/2011.5.6-8, 2012.4.20-22, 2015.9.18-19）
- 田老, 津軽石, 姉吉, 大縫, 両石, 遠野, 釜石, 大船渡, 陸前高田, 唐桑, 気仙沼

**仙台・石巻平野津波被害及び  
歴史津波遺跡調査（2011.9.21-23）**

- 名取市, 仙台市, 岩沼市, 多賀城市, 松島市, 東松島市, 石巻市, 新地町, 相馬市
- 利根川中流域施設調（2010.3.1）
- ルネサス那珂工場地震調査（2012.3.27）
- 鬼怒川水害調査（2016.10.19）
- 環七地下調節池（2010.7.2）
- 沼津津波施設見学（2007.7.28）
- 静岡方面崩壊地, 大谷崩れ（2006.8.11, 11.13）
- 浜松防潮堤・命山（津波避難マウンド）（2016.6.3）
- 静岡湖西市津波関連史跡（2015.11.5）
- 名古屋日泰寺, 伊勢湾台風関連慰霊碑（2016.2.26）
- 木曾三川下流部, 名古屋大学防災館（2015.9.7-8）
- 三重県太紀町津波シェルタ他（2007.3.12）
- 紀伊半島土砂災害（2013.5.12-15）
- 雲仙普賢岳・島原大変肥後迷惑（2014.10.29-30）
- 阪神・淡路大震災被災地（1995.2.9, 2006.8.23）
- 阪神・淡路大震災記念「人と防災未来センター」（2015.2.20）

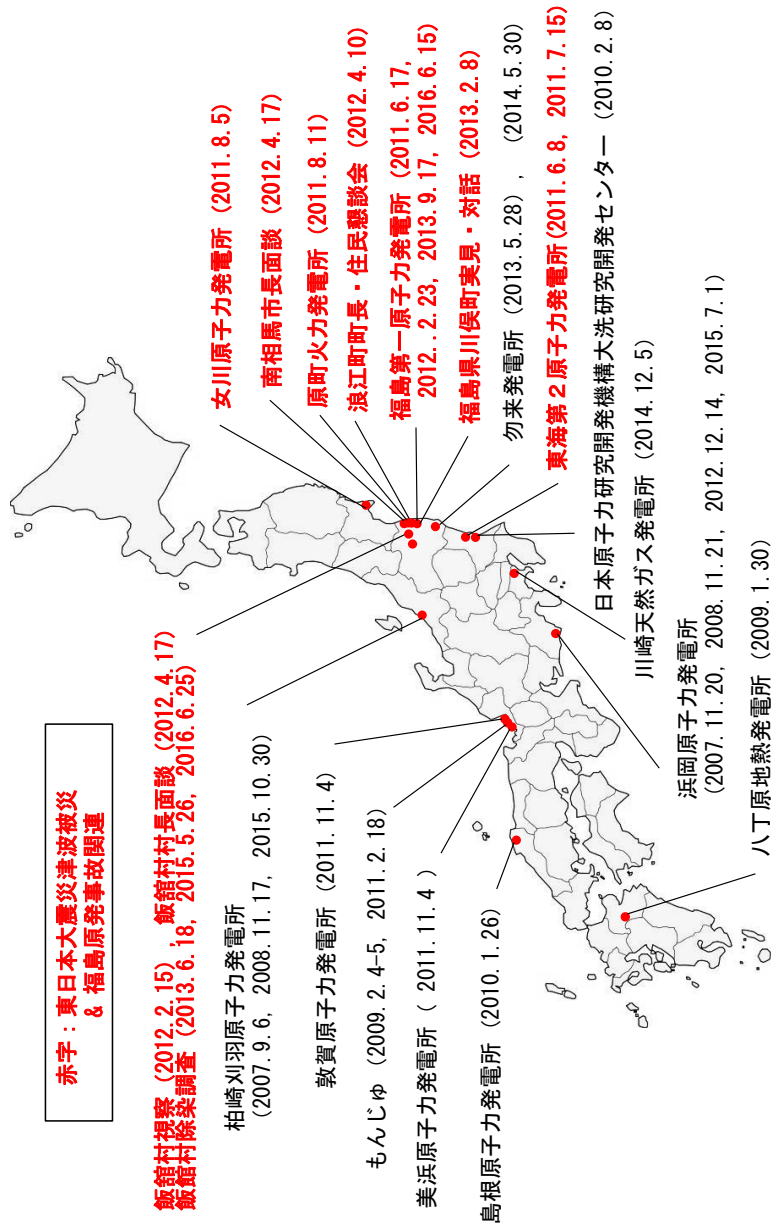
**図D3.7 「自然災害関連」実見箇所**

- 石垣島津波遺跡（2014.10.13-15）



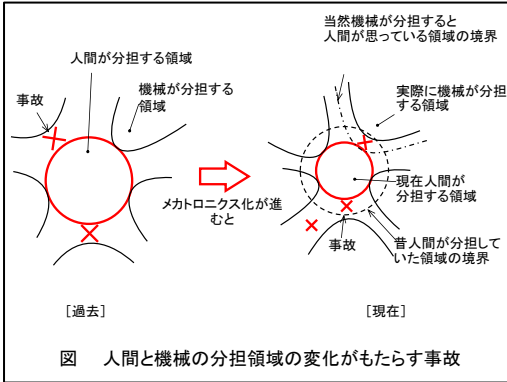
図D3.8 「鉄道関連」実見箇所

赤字：東日本大震災津波被災  
& 福島原発事故関連

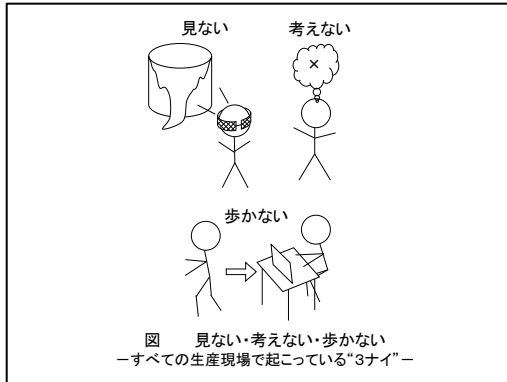


図D3.9 「原発関連（含ガス・石炭・地熱）」実見箇所

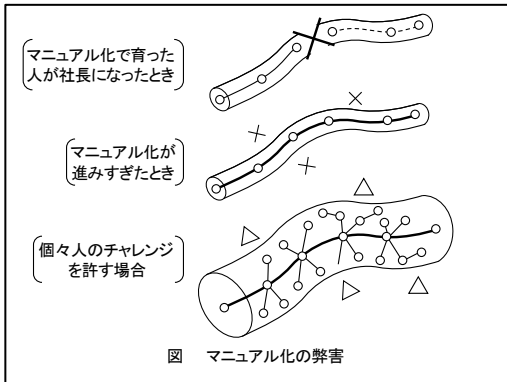
## 【補足図】



昨今の様々な事故は、人と技術の接し方が変わってきていることがその背景にある（「はじめに」参照）。



このような“3ない”状況を改めるため、危険学プロジェクトでは再現実験や3現（現地・現物・現人）を必須とした（「はじめに」参照）。



このような弊害を防ぐには、マニュアルの立体化や思考回路の形成が必要である（A4.4 マニュアルの立体化, A4.5 思考回路形成の必要性 参照）。





## おわりに

本書では詳しく触れなかったが、危険学プロジェクトでは、近年の驚くべき技術の進歩・発展とそれに伴って巨大化・複雑化した機械やシステムの危険、AI、自動運転、IoT、ビッグデータ、先進医療など新技術にまつわる危険についても研究した。また、設計の思考過程や医療行為に潜む危険、子供や高齢者を取りまく日常の危険についても研究した。

さらに、地震大国である我が国が、南海トラフ巨大地震津波や首都直下地震などの大災害に加え、気候変動に伴う極端現象の頻発化による土砂・風水害など数多くの自然災害の危険にさらされていることについて研究し、これらについては比較的紙面を多く割いて述べた。

特に史上最悪の福島原発事故については、B編でその事故経緯について詳しく述べた上で、D編で福島原発の政府事故調査・検証委員会・委員長としての所感を述べた。しかし、その記述内容は、原発関係者に限ったことではなく、日本人一人ひとりが自ら考え、主体的・能動的に判断・行動できる個人になることが必要であるとの考えに立って書いている。そのような個人を育てなければならないし、そのような個人が育つことができる文化を作っていかなければならないと強く思っている。

しかし、残念なことに、昨今の日本は福島原発事故の教訓を未だに生かせず、誤った安全神話が続いていて、あの悲惨な東日本大震災や福島原発事故が遠い昔のことであるかのごとく、皆の危険意識が日常生活の中に埋没し、思考のみならず、時間までも停止してしまった危機的状態にあるように思えてしかたがない。**我が国の安全文化は、大災害・大事故を経験したにも関わらず、改まっていないのである。**

**そこで、本書を締めくくるにあたり、危険学プロジェクトの活動を通じて「今後私たちは危険とどう接するべきか、どう向き合うべきか」について考えてきたことを、改めて箇条書きにして以下に示す。**

### **【危険とどう接するべきか、どう向き合うべきか】**

#### ○個人として

- ・ 絶対安全はあり得ないことを一人一人が知る。
- ・ どこにどんな危険があるかを知っている／知ろうとする。
- ・ 自助の意識を持つ：誰かがやってくれるという考えを捨てる。
- ・ 正しく危険に対応する（正しい判断と行動をする）。日頃から、有事の際に生き残る可能性が最大となる選択ができるようにする。
- ・ 正しく人に伝えて社会全体の知識にする。

#### ○ 組織として

- ・ どんなに考えても考え残しがあることを認める。
- ・ 考え落した領域で事故が起こり得ることを認める。
- ・ 事故が起こっても被害を最小にする方策を考え、実行する。
- ・ 組織の構成員で考えを共有する。

#### ○ 社会として

- ・ 危険があることを認めた社会を作る。
- ・ どこにどんな危険があるかを社会で共有する。
- ・ 共有した知識を実践できるように教育する。

#### ○ 文化として

- ・ 危険があることを認め、危険に関する知識を共有し。
- ・ 意識せずとも適切に判断・行動できる文化を作る。
- ・ 時間が経過しても意識せずとも共有し続ける。

#### ○ 制度として

- ・ 社会に対する強制力として制度が必要である。
- ・ 制度には危険に対する“機能管理”が必要である。  
機能管理とは“・・を起こさないようにしろ。どうするかは自分で考えて実行しろ！”ということである。
- ・ 制度の形骸化を防ぐ。

ところで、発刊のことばでも述べたが、筆者は2006年に岩波書店より「技術の創造と設計」という本を出版したが、本書はその“実践版”といってよい内容になっている。合わせ読まれることをお勧めする。

本書の全体構成は、危険学プロジェクト研究統括の手塚則雄氏が考えてくれた。お蔭で、随分読みやすい本に仕上がった。また、筆者は常々大事なことをマンガにして分かりやすく伝えたいと思っていたが、C編

「マンガで伝える危険」でその一部が実現できて満足している。C編の4コマ漫画はプロジェクトメンバーである山本高史氏が、文章は研究統括の手塚氏が分担して執筆してくれた。さらに、手塚氏には全編にわたって編集を分担してもらったし、危険学プロジェクト事務局には編集のアシストをしてもらった。この人たちがいなければ、本書が世に出ることはなかった。ここに、改めて感謝申しあげたい。

最後になったが、本書のもとになった危険学プロジェクトの活動には、常時200人近い人がメンバーとして参加してくれた。また、多くの企業や各種機関から人、資金、技術面で多大なる支援・協力をしてもらった。さらに、専門的立場からの助言・協力、数多くの再現実験や除染実験への協力、被災地や事故現場など数多くの実見の調整や案内をしてくれた大勢の人たちがいる。

本書を上梓するにあたり、お世話になった方々に、ここに改めて深く御礼申し上げたい。

2020年7月31日  
畑村洋太郎

#### 【参考文献】

- ・“失敗学のすすめ”，畑村洋太郎，講談社，2000/11/20
- ・“創造学のすすめ”，畑村洋太郎，講談社，2003/12/20
- ・“危険学のすすめ ～ドアプロジェクトに学ぶ～”，畑村洋太郎，講談社，2006/7/25
- ・“ドアプロジェクトに学ぶ ～検証 回転ドア事故～”，畑村洋太郎，日刊工業新聞社，2006/7/30
- ・“技術の創造と設計 ～失敗から創造へ～” 畑村洋太郎，岩波書店，2006/11/8
- ・“危険不可視社会 ～危険学が明らかにする，いまの日本の問題～”，畑村洋太郎，講談社，2010/4/5
- ・“危険な学校 ～わが子を学校で死なせないために～”，畑村洋太郎，潮出版社，2011/3/20
- ・“図解雑学 危険学”，畑村洋太郎，ナツメ社，2011/6/8
- ・“未曾有と想定外 ～東日本大震災に学ぶ～”，畑村洋太郎，講談社現代新書，2011/7/20
- ・“「想定外」を想定せよ ～失敗学からの提言～”，畑村洋太郎，NHK 出版，2011/8/25
- ・“航空機事故に学ぶ ～危険学の視点～”，小林忍，講談社，2012/6/15
- ・“福島原発で何が起こったか ～政府事故調技術解説～”，淵上正朗，笠原直人，畑村洋太郎，日刊工業新聞社，2012/12/25
- ・“福島原発事故はなぜ起こったか ～政府事故調核心解説～”，畑村洋太郎，安部誠治，淵上正朗，講談社，2013/4/20
- ・“図解 使える失敗学”，畑村洋太郎，KADOKAWA，2014/7/31

# 索引

(五十音順)

※ 本書の構成や構造、並びに危険学の基本的考えが理解しやすいように「構造化索引(東日本大震災、福島原発事故など)」を採用し、一目で各構成単位の全容が掴めるように、要素を五十音順でなく、重要度、発生順、説明順にするなど、理解しやすさを優先している。

## < あ 行 >

安全	37, 39, 52, 56, 174, 191
安全・安心	39, 141, 190, 193
安全文化	130, 174, 188, 193, 194, 203
安全率	39, 40, 50
本質安全	34~37, 134
制御安全	34~37, 134
絶対安全	43, 44, 190, 204
暗黙知・10 ジュール則	36, 37
意識の壁	30
医療従事者	2, 29, 30
医療模擬実験	29
エスカレータ 首・足・指挟まれ事故	7
エレベータの事故と対策	
東京都港区高層住宅での死亡事故	5, 6
ヒューストンの死亡事故	18~21, 58
戸開走行防止装置	135
非常止めクランプ	19, 20
おかしも	150

## < か 行 >

回転ドア事故	iii, 1, 35, 134
仮設住宅	102, 156
考え残し	43, 189, 204
既往最大・想定最大	146, 169
記憶	34, 41, 45, 47, 85
個人・組織・地域の記憶	45~47
機械式駐車場	5, 9, 137
機械と人間	2, 201
危険回避	1
危険学	i ~ v, 49, 194
危険学プロジェクト	i, 1~4
――バージョン I & II	iv, 2, 3
ポスト危険学プロジェクト	4
危険感受性	63
危険地図	i, ii
外部基準・内部基準	i

危険と社会	2
危険の所在	34
危険の特性	35
危険要素の組み合わせ	35
気候変動・極端現象	142, 146, 150, 160, 165, 177
技術の来歴	37
既存不適格	44, 135
気に囲まれる・包まれる	30, 186, 187, 194
機能管理	204
教訓の共有	194
局所最適・全体最悪	34
群衆雪崩	21~23, 140
弥彦神社群衆事故	21, 22, 140
明石歩道橋事故	21, 140
迫持(せりもち) 構造	22, 23, 140
形式化・形骸化	34, 54
刑事責任の日米比較	21
原因究明	i, 21, 174, 194
原子カムラ	51
原子炉格納容器	104
現場力	192
航空機事故	172, 195
御巢鷹山墜落事故	iii, 172, 195
JAL 安全啓発センター	172, 195
行動特性	2
合腦的	171
国土の保全	2, 3
個人情報保護	72
子どものための危険学	iii, 2, 4, 33
――冊子・絵本・CD	2, 33
――土曜授業・出前授業	33

## < さ 行 >

災害遺構	77, 158, 170, 179~182
災害関連死	60, 121, 131, 156

災害初動期指揮心得	55, 100, 101	高台	46, 60, 72, 98, 179
「くしの歯」作戦	99-101, 180	防潮堤	
みちのく号	101		67, 70, 72-79, 143, 144, 178
災害脆弱性	150, 160	洗掘	27, 144
再建	97, 98	避難きのこ	48
再現実験	iii, 1, 5-13, 133-139, 195	津波てんでんこ	152
エレベータ挟まれ実験	5-7, 135	黒い津波	28
エスカレーター挟まれ・転倒実験	5, 7-9, 136	リアス海岸	iii, 60, 145, 186
機械式駐車場挟まれ実験	5, 9, 137	明治・昭和三陸津波	60, 69, 73, 77, 86, 145
天窓墜落実験	5, 10, 12, 139	歴史津波	59, 79, 93, 145
一トランポリン遊び実験	5, 10	貞観津波	46, 59, 66, 79, 85, 93, 145, 186
自転車衝突・転倒実験	5, 11, 12, 138	慶長三陸津波	59, 66, 73, 79, 85, 93, 145
水中飛込み（頸椎損傷）実験	5, 12	チリ地震・津波	73, 82, 186
老人の転倒・転落実験	5, 12	南海トラフ地震・津波	53, 65, 100, 162, 195
ダミー人形実験	8-11, 133-139	北海道沖地震・津波	162, 163
映像化	136, 196	スマトラ島地震・津波	153, 187
数値化/定量化	6, 12, 29, 136, 196	水害（洪水・高潮・内水氾濫）	159, 165-169, 174-177
再発防止	11, 21, 174	伊勢湾台風	142, 168
3現	iii, 1, 17, 18,	カスリーン台風	45, 160, 175
21, 29, 58, 170, 171, 172, 195-197, 201		枕崎台風	142
思考回路	55-57, 201	令和元年東日本台風（19号）	167, 177
思考と行動	2, 29	線状降水帯	165
事故のシナリオ	11, 49	ゼロメートル地帯	169
自然災害	45, 142-152, 159-169	濃尾平野	169
地震	60-64, 161-163	江東デルタ地帯	169
プレート	159, 162	バックウォータ	165
活断層・一一型	63, 97, 161, 162, 195	鬼怒川洪水	165, 166
海溝型・プレート境界型	96, 162, 163	利根川・東遷	45, 160, 175
海底地震	97, 161	八ッ場ダム	45, 174-177
マグニチュード	62, 144	水防法	169
前震・余震	63, 64, 100	土砂災害	23-29, 167, 168
長周期地震動	62	深層崩壊	24, 167
液状化	35, 160, 168	土石流	23-29, 168
発生確率・頻度	161-163	湛水池・天然ダム	26, 97
首都直下地震	53, 100, 160-163, 195, 196	岩手・宮城内陸地震	23, 24, 167
福井地震	142	大谷崩れ, 鳶崩れ, 稗田山崩れ	23
阪神・淡路大震災	63, 154, 163, 195	紀伊半島・十津川土砂災害	23, 97, 167
新潟県中越地震・中越沖地震	154, 163, 187, 195	広島市土砂災害	167
熊本地震	63, 161		
津波	iii, 93-97, 142-146, 152, 177-182		
大津波記念碑	86, 87		

常願寺川土砂災害	168	備え	100, 154, 189, 195
噴火	163-165	< た 行 >	
活火山	163-165	多重災害	34
溶岩流・火砕流	164, 165	多様化	54
噴火災害（三原山・雲仙普賢岳・有珠山・三宅島・御嶽山）	158, 165	チェルノブイリ原発事故	51, 109, 122, 130, 153, 156, 188, 196
実見		知識化・知識の共有	ii, 49-52, 183
東日本大震災津波被災地	59-92, 95-102	窒息死	9, 22, 137
歴史津波伝承地	93-95	貞山堀・東名運河	81, 82
事故・自然災害被災地	17-29, 165-182	鉄道事故	171
原発事故被災地	123-132	余部鉄橋事故	26
——箇所（地図）	197-200	事故の歴史展示館	171, 195
実践	iii, 4	福知山線脱線事故	iii, 173
失敗学	i, iv, 195	地下鉄日比谷線脱線事故	18
シナリオのパターンマッチング	50	デジタルサイネージ	171
自分事	v, 59	ドアプロジェクト	1, 36
社会特性	44	動態保存	170
主観的展示	172	同調性バイアス	168
出力型学習（アクティブ・ラーニング）	56, 57, 171	投棄ミス	29
衝突による面圧	26-29	< な 行 >	
消費者安全調査委員会委員長	4	二重災害	177
情報・システム	2, 3, 203	人間工学的要因	29
巨大化・複雑化	41, 203	< は 行 >	
災害情報	47	ハイブリッド法の法則	184
情報発信と社会的共有	ii, 1	ハザードマップ	47, 146
信玄堤	148, 149	発生頻度	36, 45, 184
人工物	1, 5, 34, 36	東日本大震災	46-49, 59-102, 143-152, 177-182
浸水域と浸水予想範囲（ライン）	47, 146	死者・行方不明者数	60, 61
人的要因	1, 42	津波高	60, 61
人間の特性	34, 42	寄せ波・引き波	65, 79
人間と機械の関係	42, 201	海溝型・プレート境界型の	
隙間・隙間組織	34, 36	巨大地震・津波	60, 144
正常性バイアス	168	姉吉	60, 86, 87, 96
成功体験	45, 46, 192	釜石の奇跡	58, 88, 152
生存空間	6	新地駅・乗客避難誘導	89-92
責任追及	21, 174, 194	石巻市の津波被災	83
石油コンビナート事故	41	鶴住居の津波被災	88, 152
設計の思考過程	2, 203	大槌町の津波被災	47, 58, 67-72, 99, 158, 178, 182
想定・想定外	i, 34, 39, 43, 53, 54, 75, 140, 154, 188, 189	たろう観光ホテル	77, 170, 179
組織事故	195	田老防潮堤	72-79, 178, 179
組織特性	34	一水門	75, 76
		釜石湾口防波堤	96



野蒜（のびる）の津波被災	80~83	復旧・復興	98, 130, 157, 177~179
両石防潮堤	27, 28, 60, 96	物の復興, 心の復興	102
陸前高田市・津波伝承館	179~181	ブレーキ	6, 7, 37, 38, 135
問題報道	64	――ネガティブ・ポジティブ	38
避難（津波）	69~72, 78, 81, 82, 85~92, 145~152	――根元・末端	38
付加設計	193	平時・有事	54, 55, 147, 190
複合災害	34, 59, 111, 142, 168	防災・減災・縮災	45, 52, 53, 189, 190
福島原発事故		< ま 行 >	
13~17, 51, 103~132, 153~157, 182~192, 196		マニュアル	
政府事故調・委員長	4, 35, 159, 182, 183	過度の――化	34
――委員長所感	159, 183	――の立体化	53, 54, 201
全電源喪失	14, 104	未曾有	145
配電盤水没	14, 103	身の回りの危険	34, 133
メルトダウン	14, 104, 107, 108, 115, 192, 194	モデル化	5, 10
メルトスルー	107, 109, 115, 192, 194	問題提起	192
水素爆発	14, 104, 105, 109, 116, 155	< や 行 >	
放射性物質（セシウム, ヨウ素）	15, 109, 110	山勘	85
放射線被害	120~123	遊具	30
放射性ブルーム	13, 118, 155	絶滅三種	30
崩壊熱	107	（遊動円木, 箱型ブランコ, 回旋塔）	
ベント	107, 110, 189	リンク機構型遊動円木	31
フィルター付きベント	193, 194	リング形ブランコ	32
代替注水	107, 110, 189	回転ホッピングシーソー	32
免震重要棟	105, 106, 109, 110	適度な危なさ	31
オフサイトセンター	189	予防	2, 3
原子力災害対策本部	190	< ら 行 >	
女川原発	186, 187	力学的現象	1
東海第二原発	187	レジリエンス・レジリエント	53, 192
避難（原発事故）	13, 111~119, 155, 156	レベル管理	146, 169
除染	13~17, 120~127	< 記号・欧文 >	
除染実験	13~17, 132	AM	110
汚染土のその場処理の深穴埋め	14~17	Bq（ベクレル）	114, 117, 129
地下水の安全性	15, 17	IAEA	117, 118, 129
セシウム	15, 109, 110	IC	107, 194
埋設汚染土の土中挙動	15, 17	ICRP	121, 122, 129
仮置場, 仮仮置場, 中間貯蔵施設,		NRC	114
最終処分場	14, 15, 123~127, 129, 157	SPEEDI	107, 113, 189
帰還	13, 127~130, 132	Sv（シーベルト）	
福島県飯舘村	14, 116~119, 125~127, 157	SA	114, 117, 121~123, 129, 131
			107, 108

## 畑村洋太郎

1941年生まれ。東京大学名誉教授。工学博士。

専門は失敗学、創造的設計論、知能化加工学、ナノ・マイクロ加工学。2001年より畑村創造工学研究所を主宰。02年にNPO法人「失敗学会」、07年に「危険学プロジェクト」を立ち上げる。日本航空安全アドバイザーグループ委員、JR西日本安全有識者会議委員、国土交通省リコールの原因調査・分析検討委員会委員長、11年6月より東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会委員長、12年10月より4年間消費者庁の消費者安全調査委員会委員長などを務める。著書に『失敗学のすすめ』『創造学のすすめ』『危険学のすすめ』『みる わかる 伝える』（以上、講談社）、『直観でわかる数学』『技術の創造と設計』（以上、岩波書店）、『数に強くなる』（岩波新書）、『畑村式「わかる」技術』『回復力』『未曾有と想定外』（以上、講談社現代新書）など多数。

### 3 現で学んだ危険学

---

2020年7月31日 第1刷発行

著者 畑村洋太郎

発行 株式会社 畑村創造工学研究所  
〒101-0047 東京都千代田区内神田3-17-10 神田テクノス 3F  
電話 03-3526-3307

URL <http://www.sozogaku.com/>

印刷・製本 プリントリード株式会社

---

本書の著作権は©畑村創造工学研究所に帰属し、その権利は著作権によって保護されています。本書の無断複製は禁じられています。

All rights reserved, copyright

- 本書「3現で学んだ危険学」の理屈版 -

# 技術の 創造と 設計

畑村洋太郎

Yotaro Hatamura

## 失敗から創造へ

企業や大学の技術開発プログラム、創造性教育に  
最適な教科書

NHK 知るを楽しむ  
“だから失敗は起こる”で話題の  
著者によるライフワーク



岩波書店

定価 (本体3600円+税)

### ・目次

1. 問題提起 - いま日本で何が起きているか
2. 失敗学のすすめ
3. 創造学のすすめ
4. 考えを作る
5. 緊急提言 - 3現に学ぶ