

NATECH リスクマネジメントの枠組み作成とその背景（CCPS-RBPSMの拡張による）

Natural Hazard Triggering Technological Disasters



NATECH 懇談会
安全工学会・産業防災研究会

2024.1.31

石丸 裕

NPO-IDPL
大阪大学

1

概要

1. 自然災害の脅威：生産プロセスにもたらす危害とその影響
 - (1)気候変動と甚大化する自然災害
 - (2)日本の自然ハザード：地震、津波、豪雨（地滑りと、洪水）
 - (3)自然ハザードの工場・生産への影響
2. 工場に対する外因性ハザードとNATECHリスク、その管理
 - (1)NATECHとは？
 - (2)法規制と既存のガイドブックに学ぶ
3. プロセス工場に置けるNATECHマネジメントシステムの枠組み構築
 - (1)マネジメントシステムの提案（CCPS-RBPSMの拡張）
 - (2)課題となる管理システムと要素技術
4. NATECHリスク対応への課題

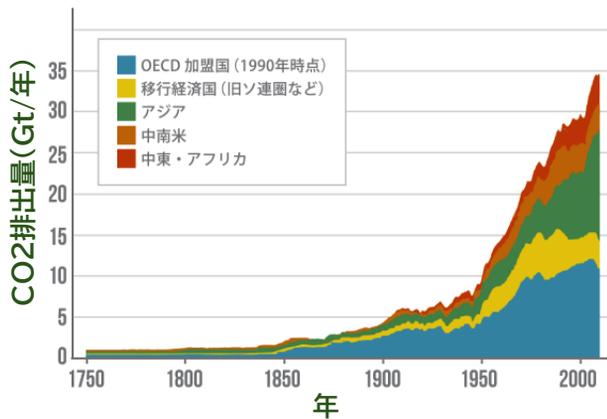
2

1. 自然災害の脅威 生産プロセスにもたらす危害とその影響

3

温室効果ガス排出と気候変動

温室効果ガスの排出



日本の気候変動

気温上昇

/100年(°C)	東京	日本平均	世界平均
大気温度の上昇	3	1.3	0.74
海水温の上昇/		1.24	0.6

JMA

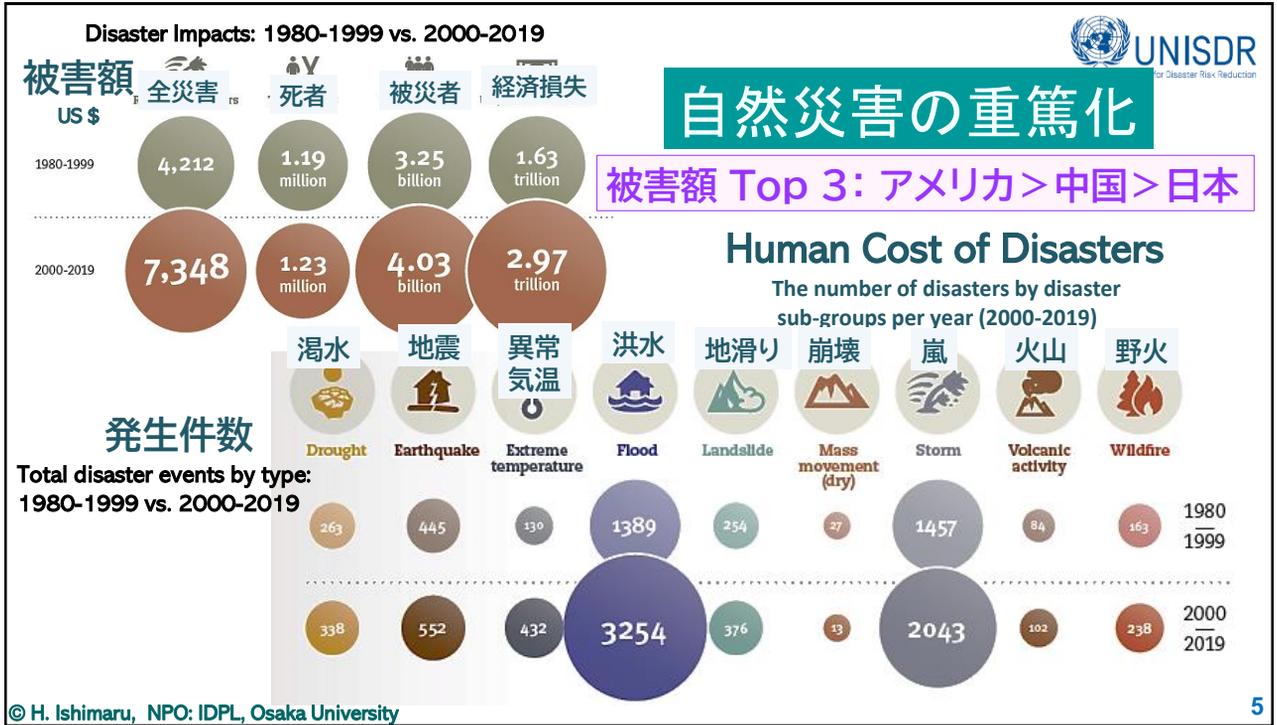
降雨量

- ・年間降雨量には大きな変化は無い。
- ・線状降雨帯形成により短時間集中豪雨が増加。

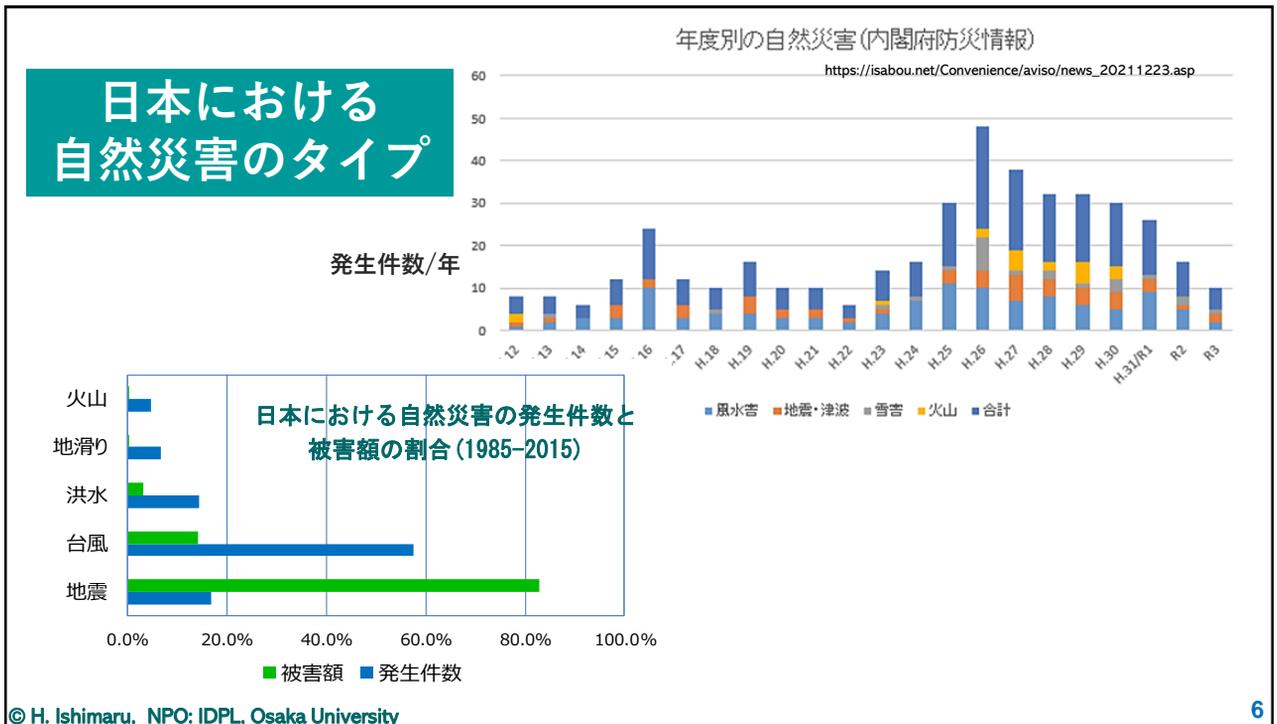
台風の来襲

- ・台風の年間日本来襲数は沖縄地方を除き減少気味。
- ・台風の進行速度が遅く、長時間滞留することにより豪雨被害が増加。

4

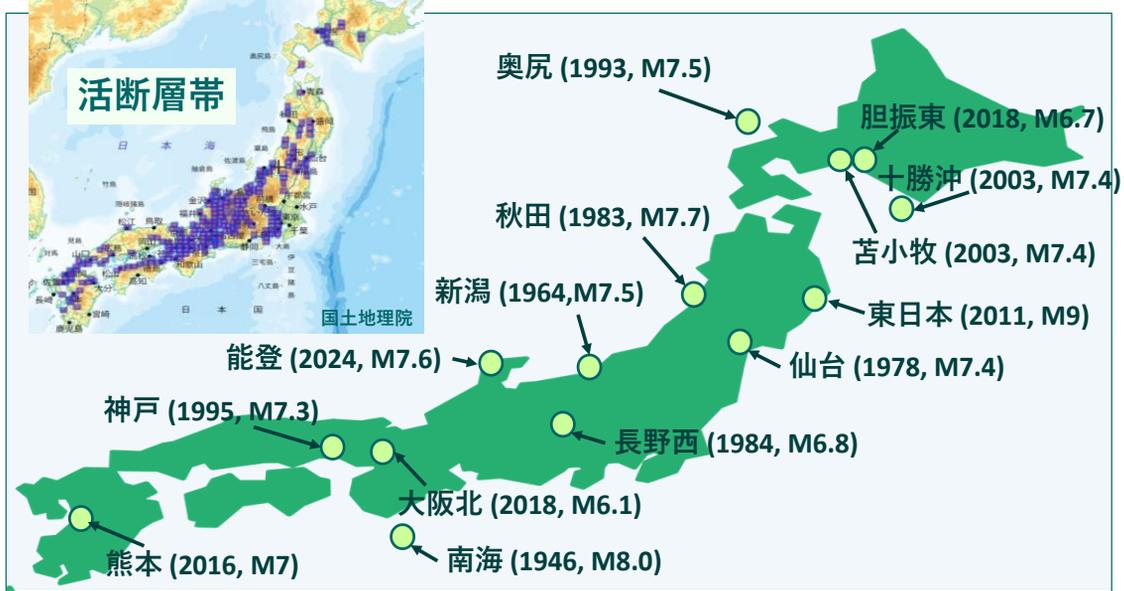


5



6

過去50年間に日本で発生した巨大地震



© H. Ishimaru, NPO: IDPL, Osaka University

7

7

関東地区と中部/関西地区で予想されている大地震の歴史

南海トラフ地震

Year	Interval	Earthquake
684		Hakuhou
	203	
887		Ninan
	209	
1096		Eichou
	265	
1361		Shouhei
	137	
1498		Meiou
	107	
1605		Keichou
	102	
1707		Houei
	147	
1854		Ansei Nankai
	90	
1946		Shouwa Nannkai
	?	
?		?

相模トラフ地震

Year	Interval	Earthquake
1633		Kanei
1643		Keian
	70	
1703		Genroku-KANTOU
1728		Tenmei
	150	
1853		Kanei
1855		Ansei-EDO
	41	
1894		Meiji-TOKYO
1894		Meiji-TOKYO BAY
	29	
1921		Ibaragi
1923		Taishou-KANTOU
1924		Tanzawa
	64	
1987		Chiba
	?	
?		?

220 years

© H. Ishimaru, NPO: IDPL, Osaka University

8

8

過去の地震、台風による設備の被害

1964.6

新潟地震



毎日新聞

地震 ⇒

石油タンク ⇒ スロッシングによる油漏えい
タンク火災 ⇒ ボイルオーバーによる漏えい
防液堤損傷 ⇒ 漏えい油拡がり

津波、液状化 ⇒

浸水

漏えい油着火

液面油火災により、構内火災が市街地に拡大

1985.1

阪神・淡路地震

地震 ⇒

建造物の倒壊、崩落、火災
タンクの座屈、設備損傷

2003.9

十勝沖地震

地震 ⇒

タンク・スロッシング⇒浮き屋根沈下
全面火災・ボイルオーバー、泡消火設備使えず

2011.3

東日本大震災



毎日新聞

地震、津波、液状化

設備：損傷、破壊、滑動、転倒、継手破壊・・・
漏えい油＋倒壊家屋 ⇒ 水面ガレキ火災
検査中の球形タンク倒壊 ⇒ 蒸気雲爆発、火災

2018.9

台風21号 関西

強風(>55m/s)

2019.10

台風19号 関東

設備損傷：冷水塔、移動型機器、仮設倉庫など
船舶：転覆、橋脚衝突

© H. Ishimaru, NPO: IDPL, Osaka University

9

9

東日本大震災被害の安全工学会誌への投稿から学ぶ

東日本大震災によるJX日鉱日石エネルギー仙台製油所の被害

山口 亮; 安全工学 53.1 (2014) 8~13

東日本大震災から学ぶ化学プラントへの教訓

—(株)クレハ・いわき事業所の地震被害調査をもとに—

大場他; 安全工学 52.1 (2013) 2~10

具体的な被害例の紹介

- ・構内の浸水高さ:2.5~3m、構内には30cm程度の水がたまる。
- ・構内に20cm程度の土砂が堆積、流された自動車が散乱
- ・地震動により煙突が座屈、熱交/反応器の基礎が損壊
- ・津波で道路消失、空タンクの移動・転倒
- ・基礎の洗掘、配管ラックの倒壊
- ・タンク周りの配管損傷により重油漏洩、ダイク内に留まるが火災発生無し
- ・鉄架構柱脚部の基礎立ち上がり(アンカーボルト)部の破損
- ・2重油タンクのスロッシングによる側壁および天板の軽微な破損
- ・タンク基礎と基礎周囲の土間の不等沈下
- ・小型タンクの底板基礎部のアスファルトの膨らみおよび基礎周囲のズレ
- ・ポンプ基礎と配管基礎のズレによる配管フランジ部からの漏水 他

© H. Ishimaru, NPO: IDPL, Osaka University

10

10

Lessons Learned (東北大震災)

災害対応と情報について

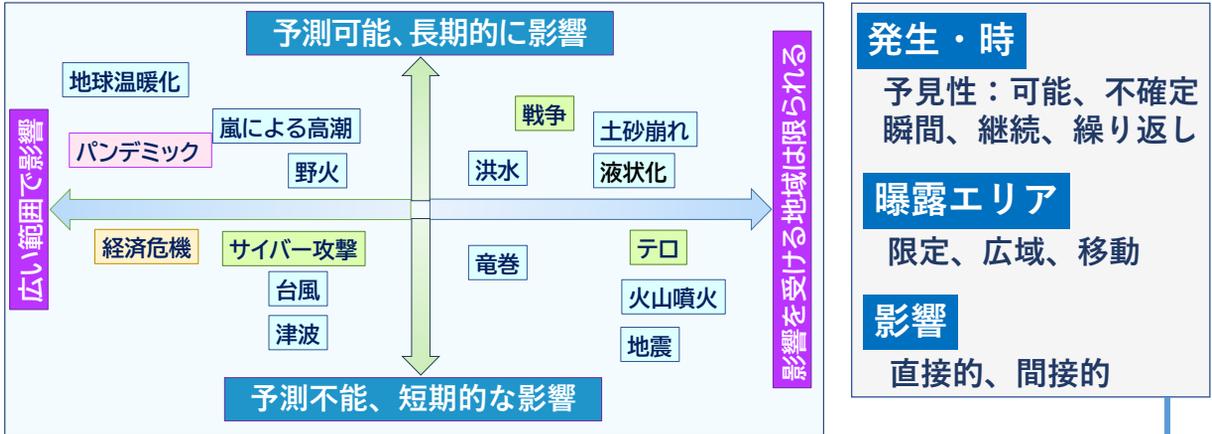
京都大学防災研資料

- ・災害時: 停電、電池の入手困難
- ・災害情報: 断片的で膨大、内容と質の判断困難
- ・有用性: 支援物質、支援者など調整が必要(コントロール出来ない)
- ・信頼性: 未確認情報やデマが多い、マスコミも信頼出来ない
- ・仕事量: 一人当りの膨大な仕事量、多様な仕事への対応が必要
- ・統一: 自治体、組織毎に組織や対応がばらばら、責任と権限が不明
コミュニケーション, 情報共有ができない

災害のモデル化による事前検証、広域訓練が必要
状況認識の早期統一 ⇒ Common Operational Picture
政治家、政府が素人、政治的影響優先(経済への影響など)

2. 工場に対する外因性ハザードと NATECHリスクおよびその管理

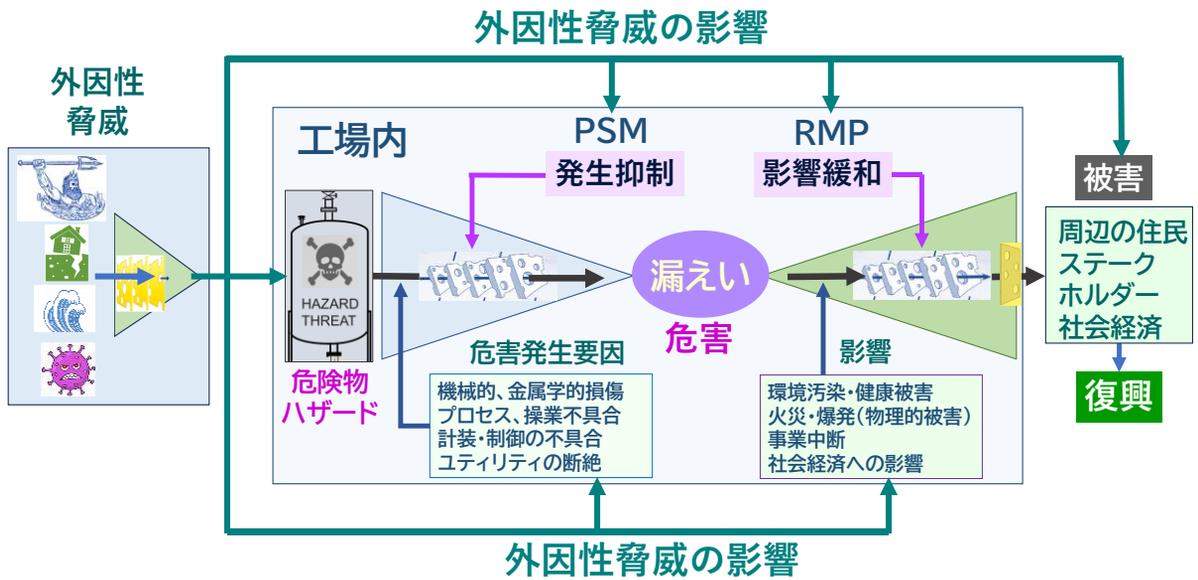
様々な外因性脅威とその分類



- ・脅威によって時間軸(継続と予知に関わる)と曝露の範囲が異なる ⇒ 想定は可能
- ・脅威は制御(除去、置き換え)が出来ない ⇒ 逃げる or 防護

13

NATECHによるリスク発現の構造



14

化学プラントの保安関連マネジメントに関わる 規制、ガイドの例 (アメリカ)

公害・環境

1950~1970 環境汚染
大気・土壌・農業

1955: Air pollution Control Act

1963: Clean Air Act

1980: CERCLA(super fund法)

1986: SARA(知る権利法)

1970: CAA (CA Amendment)

1990: CAAA (1990改訂)

保安・安全

化学プラントの事故
Bhopal(1984)

1970: CAA (CA Amendment)

1970: OSHA設立

1970: EPA設立

1989: CCPS 12 PSM

1990: CAAA (1990改訂)

1992: OSHA PSM

1996: EPA RMP

2007: CCPS 20 RBPSM

自然災害

ハリケーン災害
Katrina(2005), Harvey(2017)

2002: Homeland Security Act (US)

2004: FEMA Guide to Design for Tsunami (US)

2009: CalARP Seismic Assessment

2014: CCPS – Recovery from Natural Hazards

2019: CCPS - Assessment & Planning for
Natural Hazards

2021: CCPS – RBPS During Disruptive Times

パンデミック

2020's
Pandemic

CalARP

GUIDANCE FOR CALIFORNIA
ACCIDENTAL RELEASE PREVENTION
(CalARP) PROGRAM

SEISMIC ASSESSMENTS (2019)

地震によるハザードの確認
現場に即した検討実施
構造物と建物の耐震評価
装置と機器の耐震評価
貯槽の耐震評価
配管とパイプスタンドの耐震評価
耐震性強化マネジメントの計画
文書化と報告(社内、役所へ)
ユーティリティの評価



US-CFR Title 30: Mineral Resources

極限作業管理機能 UWA: Ultimate Work Authority

指名と周知の義務

緊急事態に際して、施設での活動と運用に関する最終決定を下すために、個人または役職に割り当てられた権限

作業停止指令機能 SWA: Stop Work Authority

差し迫ったリスクまたは危険を引き起こしている作業をただちに停止させること

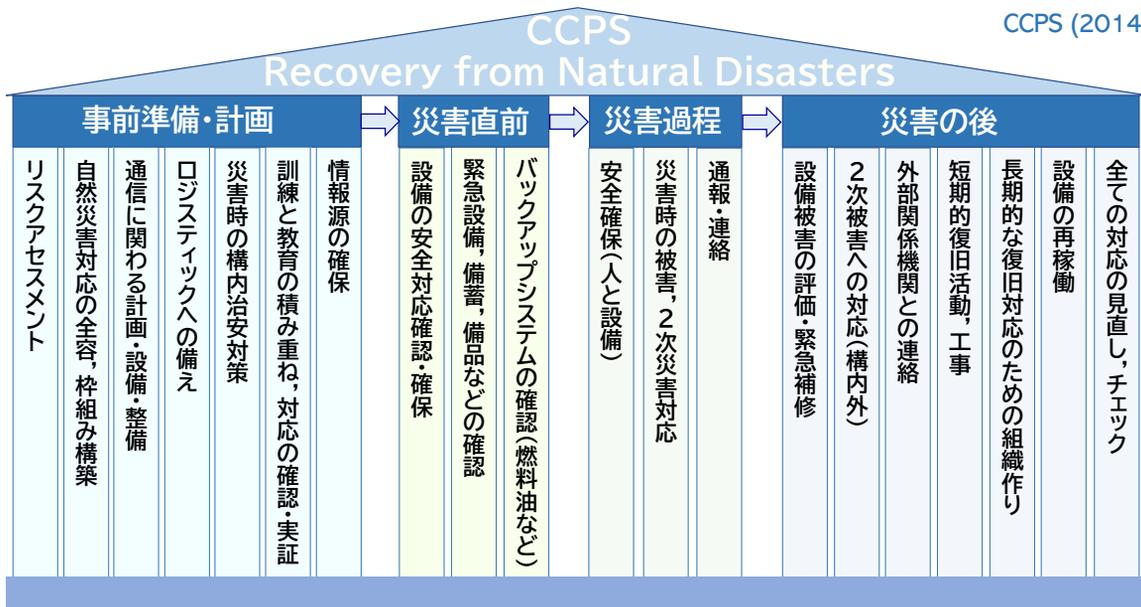
差し迫った
リスクまたは危険とは

Rideout Crewの指名

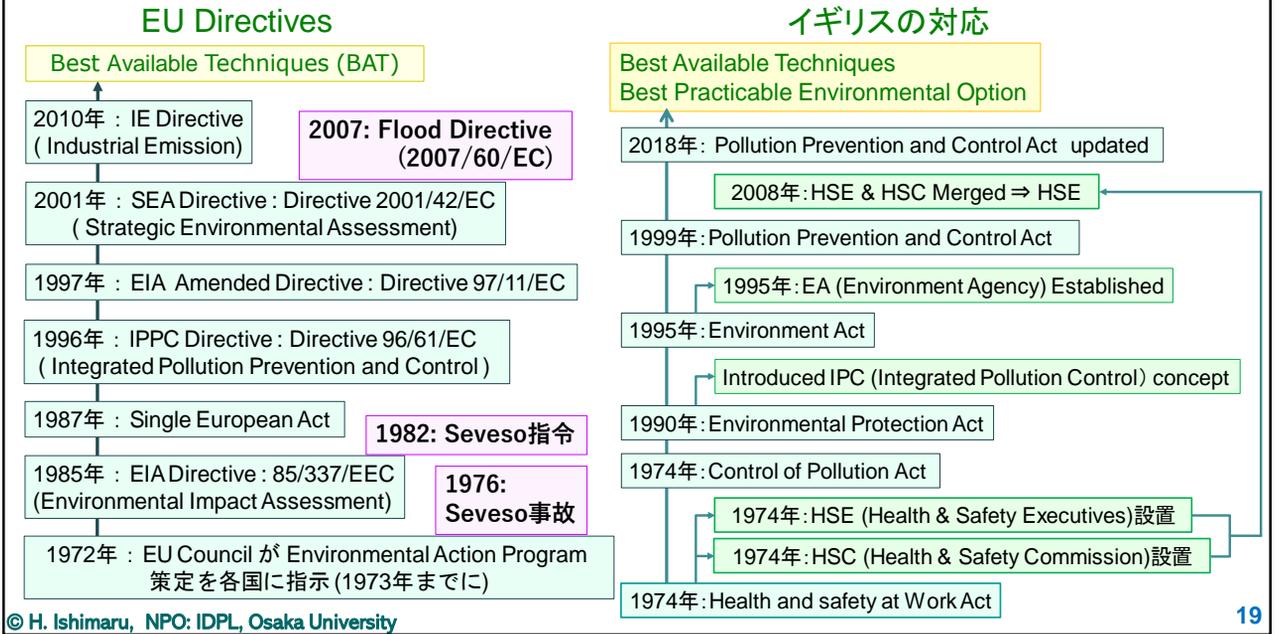
- (1) 死亡または重大な身体的危害が発生
- (2) 以下に対する重大な環境被害を生じる
 - ① 土壌
 - ② 大気
 - ③ 鉱床、海洋、沿岸、または人間の環境

CCPS: 自然災害への備え, 対処, 復旧まで

CCPS (2014)



EU指令とイギリスにおける主な環境汚染対策の流れ



EU Floods Directive (2007/60/EC) on assessment and management of flood risks

PROVISIONS

- CHAPTER I
GENERAL PROVISIONS
- CHAPTER II
PRELIMINARY FLOOD RISK ASSESSMENT
- CHAPTER III
FLOOD HAZARD MAPS AND FLOOD RISK MAPS
- CHAPTER IV
FLOOD RISK MANAGEMENT PLANS
- CHAPTER V
COORDINATION WITH DIRECTIVE 2000/60/EC, PUBLIC INFORMATION AND CONSULTATION
- CHAPTER VI
IMPLEMENTING MEASURES AND AMENDMENTS
- CHAPTER VII
TRANSITIONAL MEASURES
- CHAPTER VIII
REVIEWS, REPORTS AND FINAL PROVISIONS

ANNEX

- A. Flood risk management plans
- B. Components of the subsequent update of flood risk management plans:

1. 予備的リスクアセスメントの実施

- ・人の安全と健康
- ・環境
- ・文化遺産
- ・経済活動

2. リスクアセスメント

洪水ハザードマップ作成のため
洪水の範囲、浸水深さ、水準

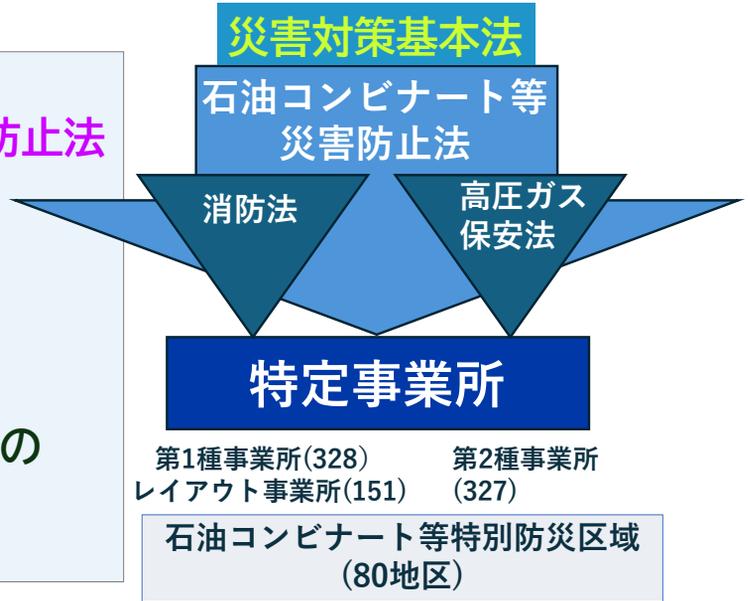
3. 洪水リスクマネジメント計画作成

予防、防護、準備

特定事業所に係る主な保安法規

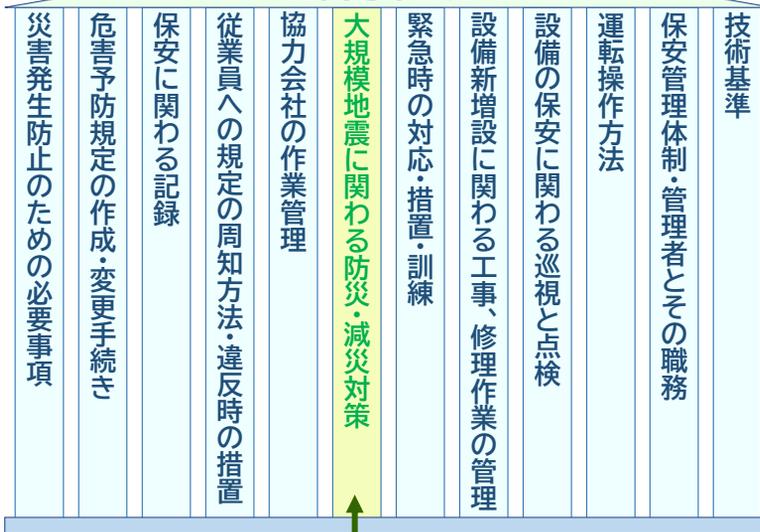
主な規制

- ・高圧ガス保安法
- ・石油コンビナート等災害防止法
- ・消防法
- ・労働安全衛生法
- ・災害対策基本法
- ・毒物及び劇物取締法
- ・大気汚染防止法
- ・海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律
- ・他



日本：一般高圧ガス保安規則・危害予防規定要素

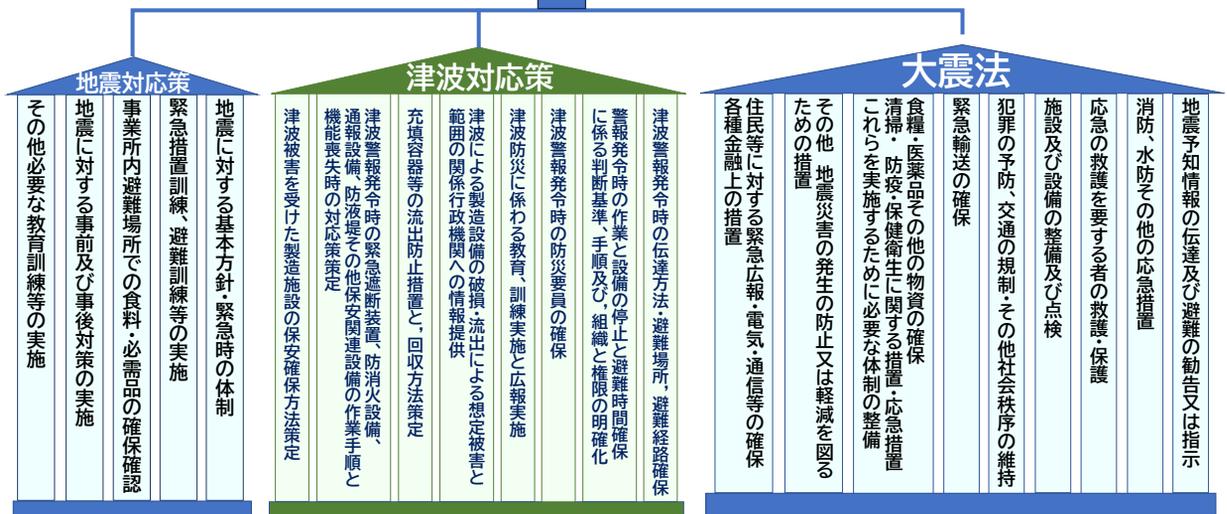
危害予防規定



自然災害対策追加(2019)

- 地震対策：
大規模地震対策特別措置法 (1978)
- 津波対策：
津波防災地域づくりに関する法律 (2011)

危害予防規定：大規模地震に関わる防災・減災対策



石油コンビナート等防災計画の作成

特別防災区域が所在する都道府県に、石油コンビナート等防災本部を置く。
特別防災区域が都道府県をまたがる時には防災本部の協議会を置く。

防災本部及びその協議会は、特別防災区域に係る石油コンビナート等防災計画を作成し、毎年これに検討、修正を行う。

1. 関係機関等の処理すべき事務又は業務の大綱
2. 関係機関等の防災に関する組織の整備及び防災に関する事務又は業務に従事する職員の配置等に関すること。
3. 特定事業所の職員及びその他の関係機関等の職員の防災教育及び防災訓練に関すること。
4. 特定事業者間の相互応援に関すること。
5. 防災のための施設、設備、機械器具及び資材の設置、維持、備蓄、調達、輸送等に関すること。
6. 災害の想定に関すること。
7. 災害が発生し、又は発生するおそれがある場合における情報の収集及び伝達並びに広報に関すること。
8. 自衛防災組織、共同防災組織及び広域共同防災組織の活動の基準に関すること。
9. 現地本部の設置及びその業務の実施に関すること。
10. 火事、爆発、石油等の漏洩えい又は流出その他の事故による災害に対する応急措置の実施に関すること。
11. 地震、津波その他の異常な自然現象による災害に対する応急措置の実施に関すること。
12. 災害時における避難、交通の規制、警戒区域の設定等に関すること。
13. 災害時における関係機関等以外の地方公共団体等に対する応援要請に関すること。
14. 防災に関する調査研究に関すること。
15. 特別防災区域内の公共施設の災害復旧に関すること。
16. その他災害の予防、災害応急対策及び災害復旧に関すること。

大阪府・防災計画

特定事業者に要求されている地震災害予防対策

1. 地盤特性の把握
2. 耐震性の確保
3. 大容量泡放射システムの実効性の確保
4. 保安防災設備の信頼性の向上
5. 防災活動の強化
6. 非定常時の緊急措置基準の整備

特定事業者に要求されている津波災害予防対策

1. 津波による危険物施設等被害の軽減
2. 津波による危険物等タンカー被害の防止
3. 津波時の緊急措置基準等の整備
4. 緊急時対策の習熟

3. プロセス工場における NATECHマネジメントシステムの枠組み構築

安全工学会：コロナ禍でのPSMに関するアンケート結果

BCP:
活用された。
見直すも大きな
問題無し。

- ・殆どの企業で作成済み
- ・半数は、感染症発生を織り込んでいる。
- ・半数以上の企業で活用された。
- ・見直した箇所
勤務体制(WFH, 会議方式, 出張規制などへの対応)
- ・感染症対応組織設置, 責任と権限を明確化した。

緊急対策:
対応された。
(事故は無し)

- ・緊急時の業務の優先順位を見直した。
- ・他事業所との人の交流や融通を計画(同じ会社内)
- ・OBの動員体制を計画した。

コンプライアンス

- ・モラトリアム：定期修理の先延ばし
- ・監査：リモートで実施

リスクの再評価

- ・メンテナンス手順の変更の際に余寿命評価をやりなおした。

コロナ対応から 学んだ事

- ・**企業風土, 文化が大きく寄与した。**
- ・経営のリーダーシップ, 決断, 支援が重要
柔軟で強固な危機管理システムが必要。
- ・**リスク基準の優先順位に基づく対応 (トリアージが必要)**
BCP: [PSM要素との整合とレジリエントな対応] が必要。
- ・**対応出来る人の育成(コンピテンシー要求を明確に)**
日常的な訓練・教育の必要性, (コロナ禍での対応は?)

今後の課題

**意識と行動の
改革**

- ・**コロナ後どうなるか?**
コロナ前に戻るのか/新しい組織, 文化が生まれるのか?
変化への積極的な対応の重要性(予防原則?)
- ・社会的対応の検証, 社会とのコミュニケーション
- ・経済的に明暗が分かれたが・・(経済構造の変化への対応)
- ・海外支配下法人への対応(窓口が安全部門ではない?)
- ・人の育成, 交流不足への対応, 人流変化への対応

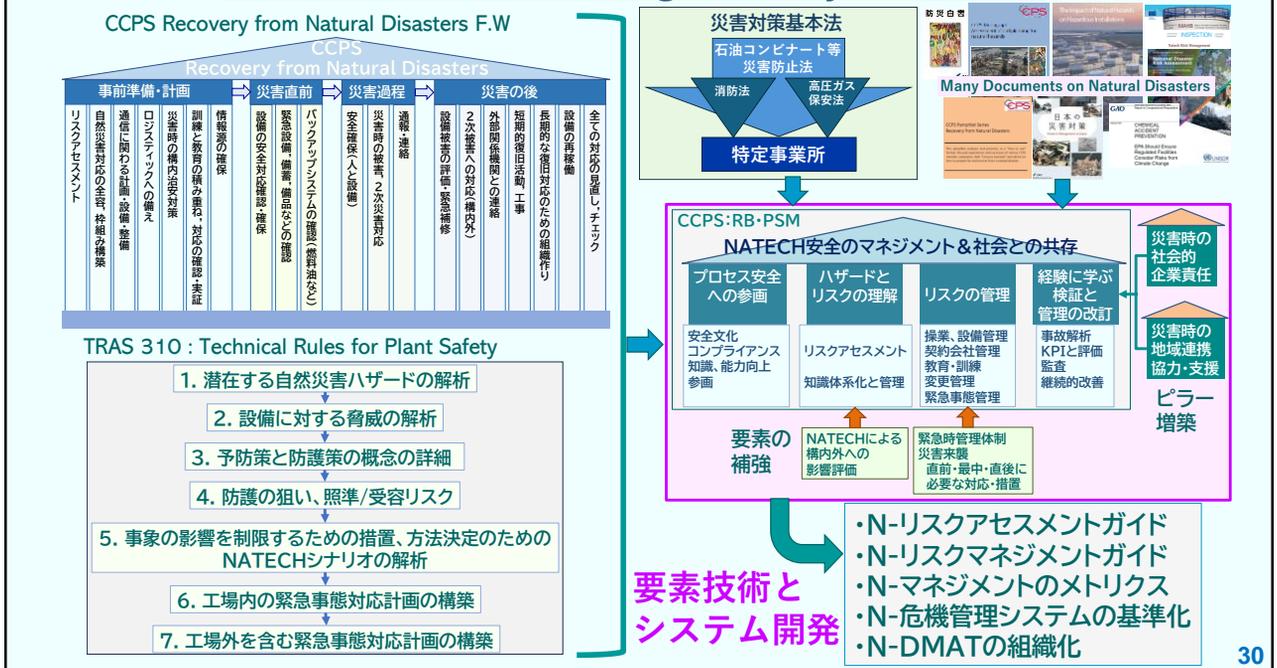
- ・**個人的な事情, 考え方, 行動への対応, 配慮は?(海外では強調)**

NATECH対応の基本

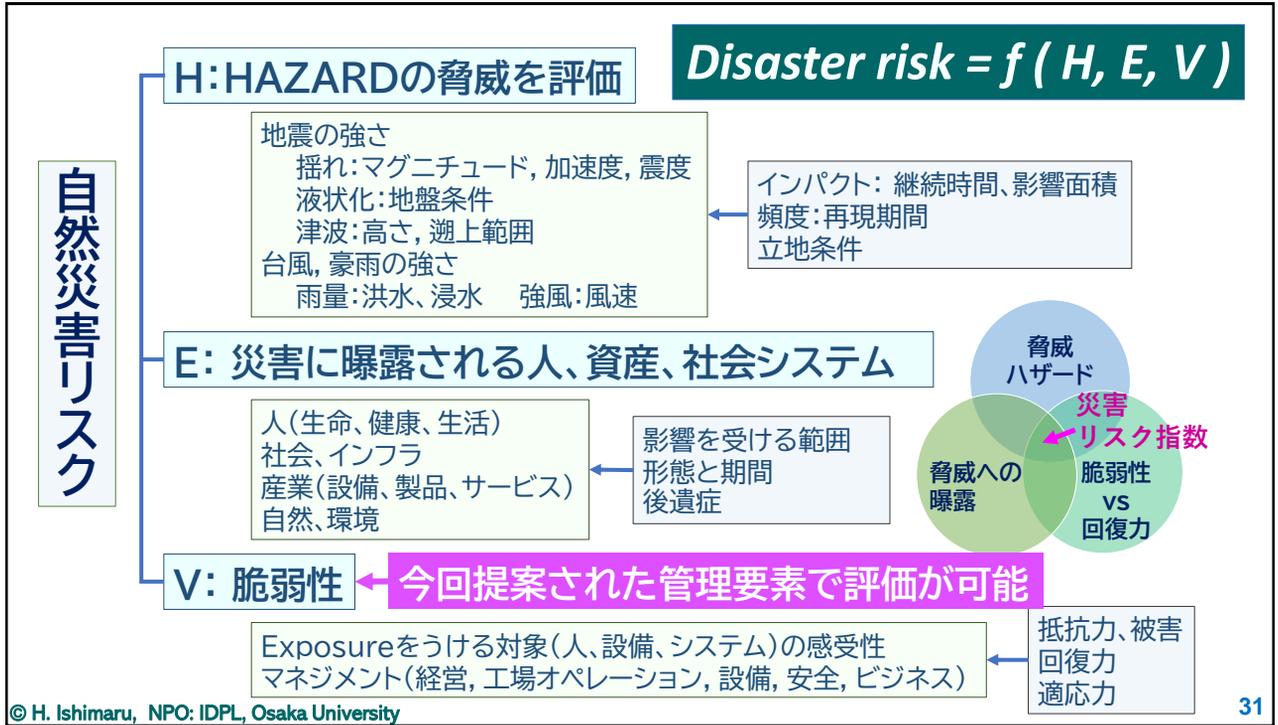
- Securityに自ら責任を持つ(リーダーシップ)
- リスクを識る⇒TRIAGE(判断基準必要)
- リスクを想定して備える(数百年に1度のケース)
- 想定外と緊急事態に対応できるリスク対応
- 組織的な社会との互助・共助(共通のシステム)
- 「リスク管理は多大なコストを要する」が合理的な対応と定期的なそのチェックが必要

29

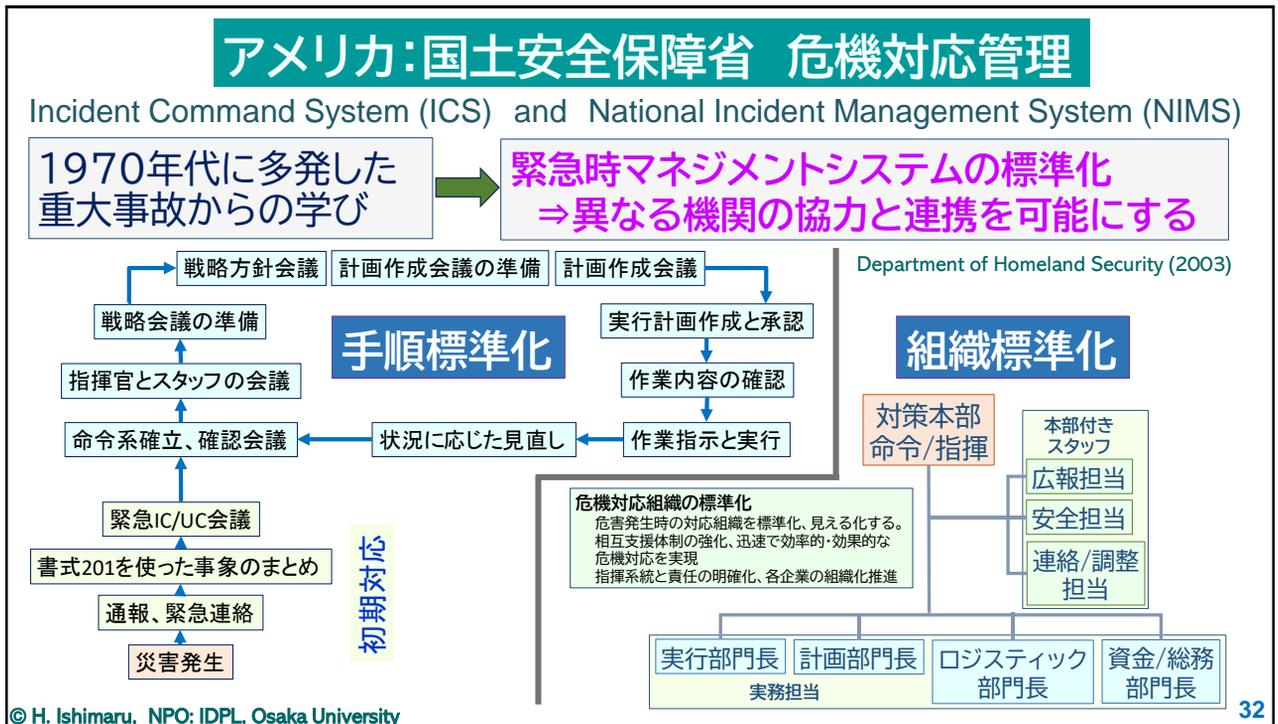
NATECH Disaster Management Systemの構築



30



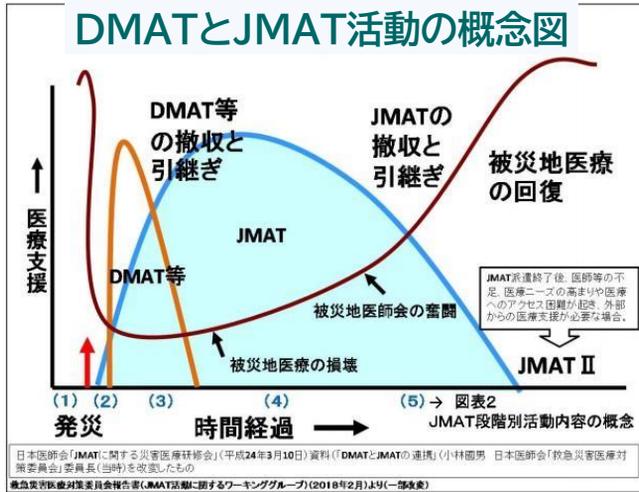
31



32

DMATとJMAT（緊急医療支援チーム）

DMATとJMAT活動の概念図



Disaster Medical Assistance Team
Japan Medical Association Team

DMAT

2005年発足(厚労省)
D.P:約500名が対応

災害発生直後から48時間以内に現場対応をする被災時の速やかな災害支援を目的として派遣される。緊急医療、医療体制構築、トリアージ判断など

JMAT

日本医師会 2011.3結成

DMATのあとを引き継ぐ形で現地活動を行う。
中期的な医療、支援

リスクコミュニケーションの構図

安全：許容出来ないリスクの無いこと

残留リスクが存在
リスク"0"はあり得ない

住民への要求
(許容・受容・我慢)

住民の知る権利
安全に生存する権利

行政・企業など

誠実に真実(善悪)を開示・説明しているか?
住民の立場を尊重しているか?

分かりやすく説明しているか? 説得では?
(上から目線と専門用語で煙に巻く)

政府/企業の姿勢
(情報を流せば不安をあおる⇒隠蔽・遮断)

Communication or Awareness?

社会にリスクが受容されること ≠ 人々が安心すること
人は安全よりも安心を求めている(自分は大丈夫?)
残留リスクが正しく受容されないと
技術の持つメリットを活用できない
正しいリスク回避手段が使えない
不安、疑心が正当化される

4. NATECHリスク対応への課題

35

NATECHリスクへ非対応の問題

- ・現在の科学、経験では予見出来ない事象がある。（特に地震）
 - ⇒技術目標が曖昧⇒対応技術が無い⇒判断を先送り（判断できない）
- ・想定された危害水準への不信感、現実感の欠如 ⇒ 予測・判断・行動の放棄
- ・公的なハザードリスク情報へのアクセス、解釈の難しさ。対応へのガイドが不親切
- ・国家、地方、企業の風土の問題、企業の希薄な社会責任意識
 - リスクに対する姿勢、役所依存、横並び意識（村社会）
- ・残留リスクへの対応の難しさ、リスクコミュニケーションの課題（受容/我慢）
- ・リスク対応コスト負担の問題（社会と住民の安全を誰が負担するのか？）
 - 巨額なPRP*の負担（NATECH/自然災害被害⇒線引き困難）
 - NATECH：投資費用ーリスクー便益（効果）が説明できない？
 - ステークホルダーとの意思疎通、合意の問題、心理学的バイアス
- ・風評被害、SNS、マスコミ報道への懸念

* PRP: Potential Responsible Party

36

終わり

ご意見と
ご参加を