

秋田県・地盤工学会東北支部災害協定に基づく講習会  
「地盤リスクに関するシンポジウム」  
地盤リスク総論：身近な地盤災害から身を守るための基礎知識

# 地盤リスク：リスクの考え方

東北学院大学工学部  
環境建設工学科 教授  
飛田 善雄

# リスク論は単なる流行か？

様々な分野でリスク論に基づく政策決定が行われている

単なる流行に過ぎないのか？それとも、本質的な「意義」があるのか？

## 最近のリスクに関する話題

# 電気事業連合会の リスクに基礎を置く意思決定

原発再稼働に向けての声明

# 確率論的リスクアセスメント

リスク評価とは、課題が抽出された場合に解決策のオプションを評価するものであり、**決定論的な評価と確率論的な評価**の両方を含む。決定論的な評価では、規制基準への適合、深層防護の思想との整合や安全余裕の維持等の観点で評価する。**確率論的な評価では、事故シーケンスやその発生頻度といった基本的なPRA (Probabilistic Risk Assessment)** **の評価結果**の他、個々の故障等の事象のリスク重要度も含む。また、リスク評価では、新知見や国内外の運転経験も考慮し、意思決定プロセスに必要な情報を提供する。

# RIDM プロセスの導入によるメリット

RIDM プロセスを導入することの最も重要なメリットは、**リスクを共通言語**として使っていくことにより、プラントの安全性の全体像や個々の課題のリスク重要度を理解しやすくなることである。したがって、**事業者組織内だけでなく、ステークホルダーとの間においてもコミュニケーションが円滑になる。**

また、問題やその**リスク重要度に応じた解決策の早期の特定、立案**ができることも重要なメリットとして挙げられる。事業者は、プラントのリスクの観点から**真に重要な問題に対して資源を集中して、リスクを管理**できるようになる。

もう一つの重要なメリットとしては、提案されたプラントの変更に伴う**リスク低減の効果を評価**できるようになることであり、これによって、**合理的で有効な決定**が可能となり、プラントの安全に対して全くあるいはほとんど影響の無いことに**資源を浪費**することを**回避**できる。

これらのメリットはプラントを対象とした狭い領域のもの？

# ステークホルダーとの対話

リスクコミュニケーションに関して期待するものは、原子力発電所を運転する組織がいかにリスクを管理しているかについての**公衆理解の促進**である。そのためには、

まず事業者自らが①原子力発電所が持つリスクに対する認識、②原子力発電所が持つリスクへの対応方針及び実際のリスク管理の状況、③今後原子力発電所が目指す姿、について社会へ提示することが重要である。

事業者は、この**リスクコミュニケーション**により、**社会との対話を実施し、フィードバックを得る必要がある。**

正しく理解してもらうことを目的としている。これはリスコミの一部に過ぎない

# リスク論：基礎

誰でも知っておくべき基本的事項  
日常生活でも大事なこと

# リスク論の基本的事項

リスク論の分類(多種多様); リスクアセスメント, リスクマネジメント, リスクコミュニケーションの分類が最も基本

- リスク論におけるキーワード

確率, 被害(結果), 不確実性, ひととモノ, 認知, バイアス, 多人数の関与, 責任, 意思決定(判断), 価値観, 信頼

- 科学技術だけでは収まらない
- 多くの問題に共通する問題解決手法になりえるか

# リスクの常識(1)

## ハザードとリスクの違い

**ハザード**:こちらが感情を支配する

- ある物質A1mgが, 他の物質B1mgよりも有害である

**リスク**:知識がないと理解できない

- もし, 物質Aに暴露する確率が小さく, (有害性) $\times$ (暴露確率)がBよりも小さければ, リスクはBの方が大きい

2つの違いを明確にすることが必要, 多くはハザードの大きさが不安リスクとなる

## リスクの常識(2)

### リスクをゼロにすることはできない

どのようなものであれ、リスクを0にすることはできない。

- リスクを低減する費用は、リスクが小さいほど大きくなる

**リスクの相対化**: 様々なリスクを共通の尺度でその順番を検討する⇒損失余命の考え方

## リスクの常識(3)

### リスクのトレードオフ

- リスクのトレードオフとは、「あるリスクを減らすと、別のリスクが生まれる」ということ

- 環境保護のため、DDTを廃棄⇒マラリヤによる死者が増加
- 発ガン性物質が出るので塩素消毒をやめる⇒赤痢やコレラの増大(ペルーの例)
- 無農薬野菜の方が低濃度農薬を散布した野菜よりも発ガン性は高い:野生の植物は自分で身を守るために発がん性物質を自ら作る

# 相対的なリスクの目安

(放射能汚染に留意して)

## 化学物質のリスク

要因	損失余命
喫煙—全死因	数年から10数年
喫煙—肺がん	370日 (1609mSv)
ディーゼル粒子	14日 (61mSv)
ホルムアルデヒド	4.1日 (18mSv)
ダイオキシン類	1.3日 (5.7mSv)
カドミウム	0.87日 (3.8mSv)
ヒ素	0.62日 (2.7mSv)
メチル水銀	0.12日 (0.5mSv)

中西準子「原発事故と放射線のリスク学」より引用

## 多くの分野のリスク

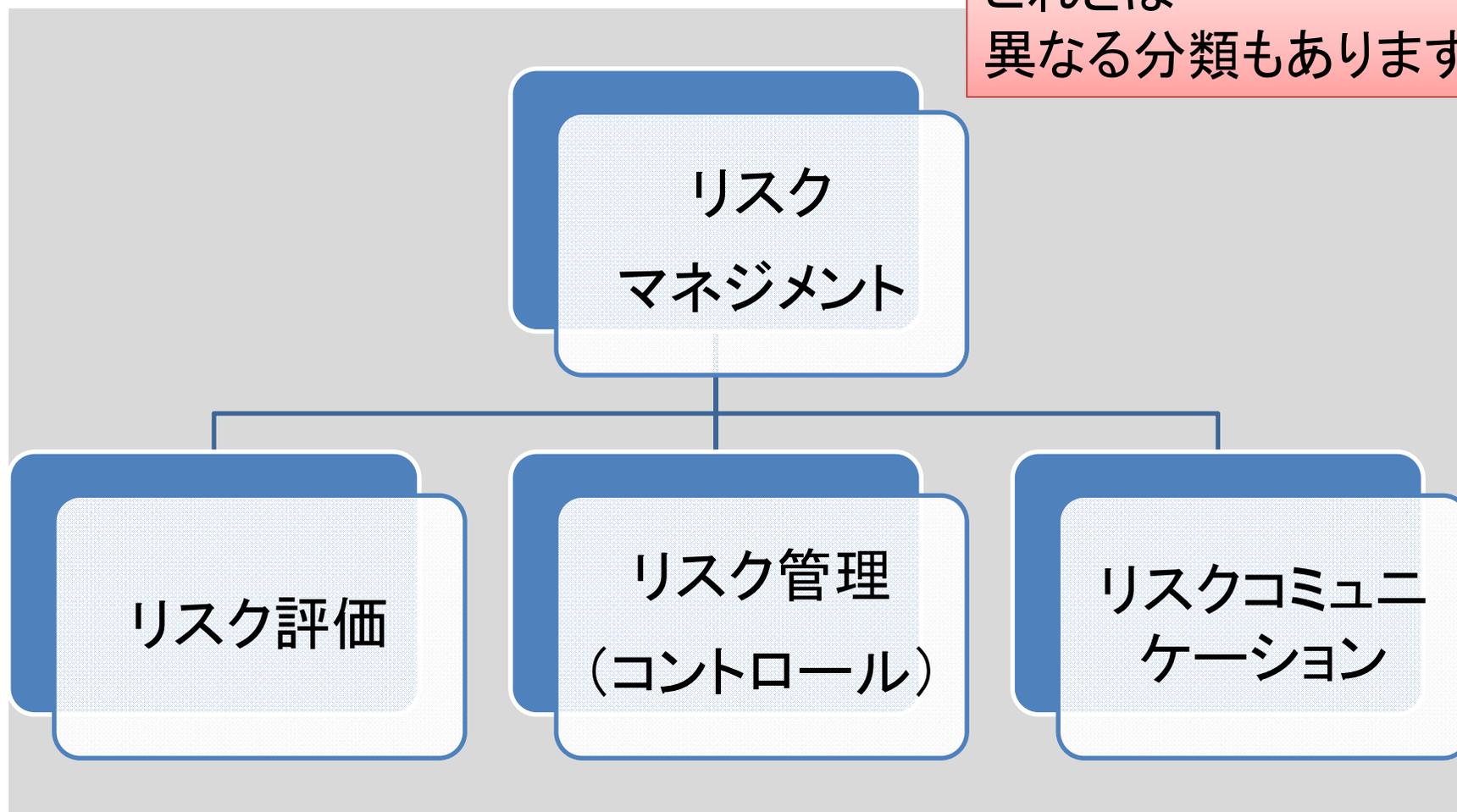
ガン	250
自殺	30
交通事故	5
火事	1.7
自然災害	0.1
落雷	0.002
新型インフルエンザ(最悪、医療なし)	500
喫煙	80
入浴中の水死	2
食中毒(2000年)	0.004

人口10万人当たりの年間死亡者数

注: 除染後5.0mSv/年で、15年間で 37.8 mSv 程度の累積被ばく量と算定

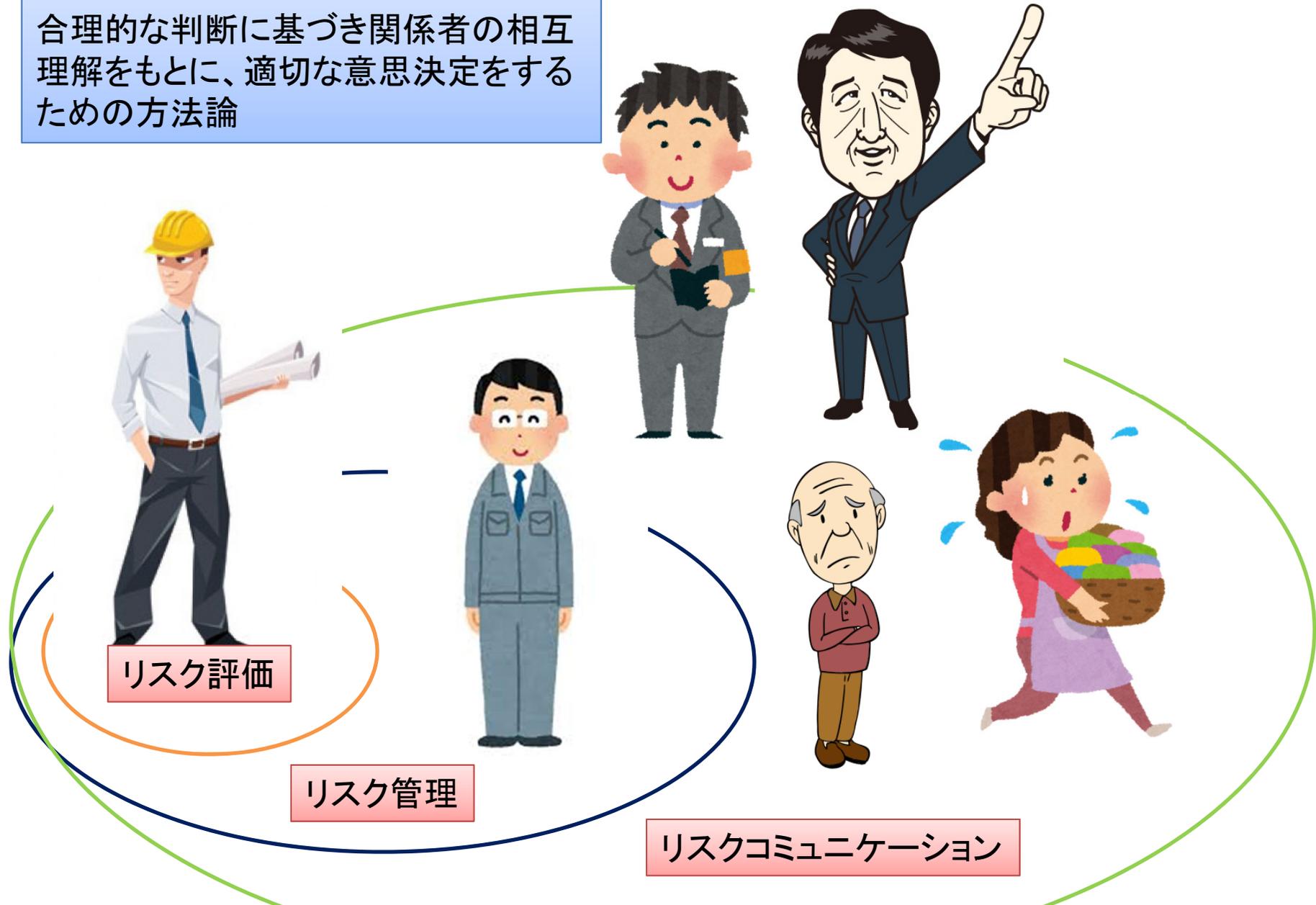
# リスクマネジメントの要素

これとは  
異なる分類もあります



# リスクマネジメント:

合理的な判断に基づき関係者の相互理解をもとに、適切な意思決定をするための方法論



# リスク評価

専門家が行う、科学技術に基づく  
客観的な評価がなされるべき

# リスクの定義

様々な分野で、様々な定義が用いられる

どんな定義を用いているのか注意しながら、  
文書を読むことが必要

最も広範な定義は、「望ましくないこと」

# 科学技術分野の定義

科学技術分野の定義は共通性が高い

**リスク＝確率（頻度）×ハザード**

- この定義が、「より利用しやすいように」分野ごとに改変されて利用される

# 理工学分野のリスクと災害リスクの比較

すべての要素を書くと、



確率を陽に表現すると、



バルネラビリティを陽に表現すると、



# 脆弱性をもたらす社会的要因

人口、建物の密集、効率性の重視

高齢化した集落

高度化した暮らし

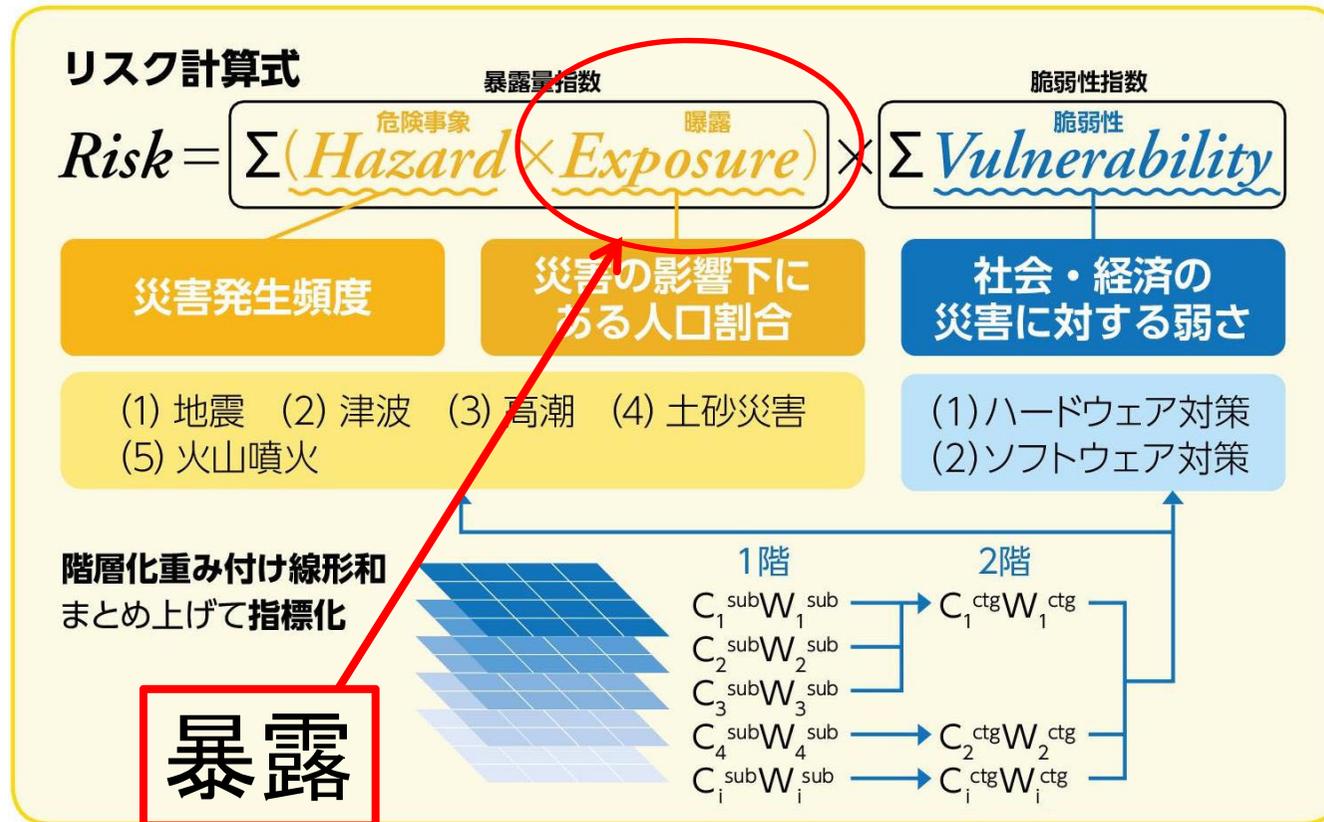
インフラの劣化

地域コミュニティのつながりの希薄化

災害の希少性(ある程度のハザードまでは被害が発生しない)

社会的脆弱性に対する  
配慮を地盤災害にどのように  
取り入れるか？

# 世界標準のリスクの定義

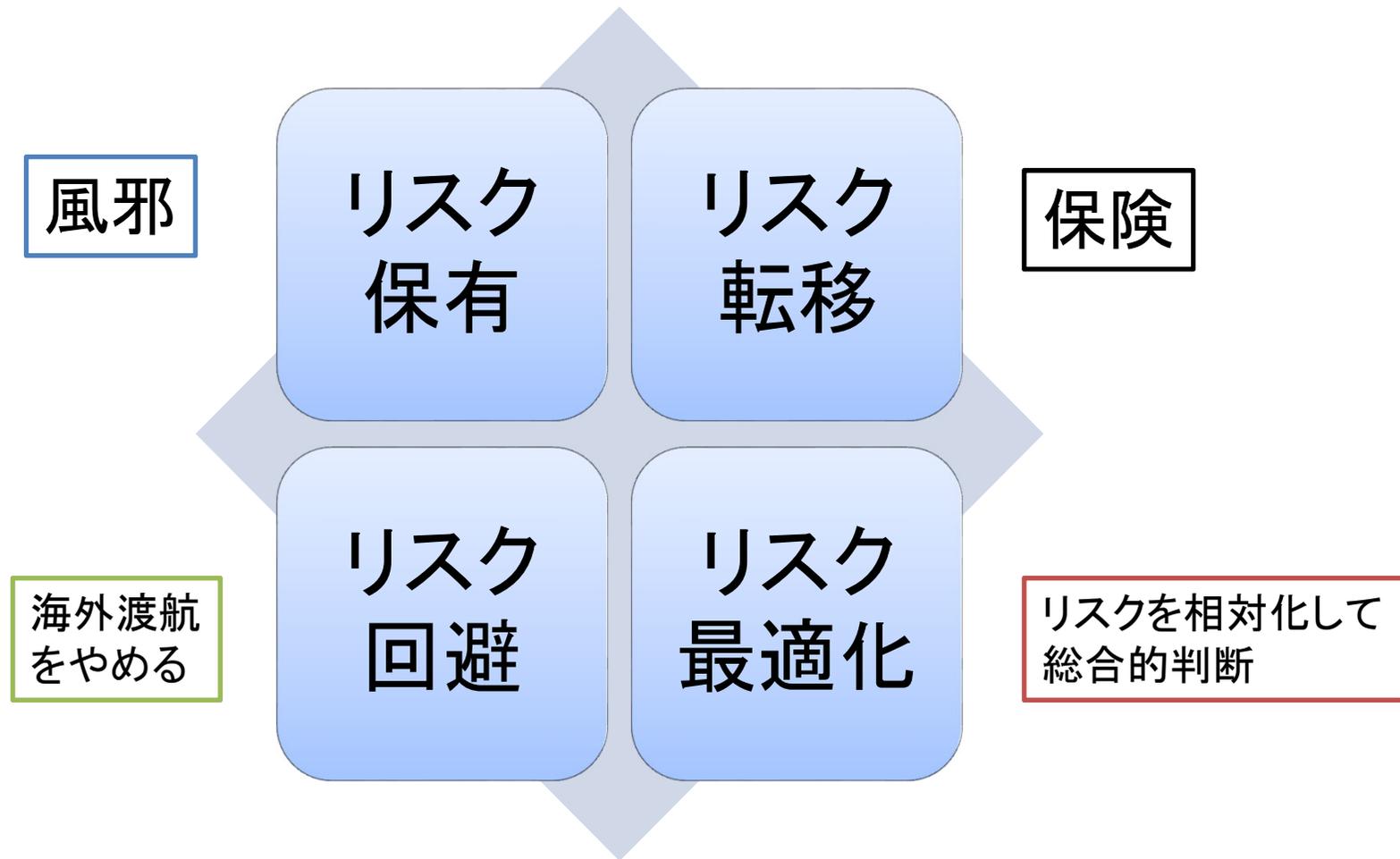


リスクの定義は、根っこは同じだが、用途に応じて多様なものがある

# リスク管理

リスクの相対化に基づき  
総合的な管理を行う

# リスク管理の4つの方法



# 実際に可能なのは「リスクの最適化」

リスクゼロは膨大な費用

客観的事実に基づく「リスクの最適化」が不可欠

リスクの相対化、共通基準が必要となる

# 放射能リスクの最適化の概念

- ALAP: As Low As Practicable
- 実現可能な限り低いレベル
  
- ALARA: As Low As Reasonably Achievable
- 合理的に達成可能な低いレベル

# リスクコミュニケーション

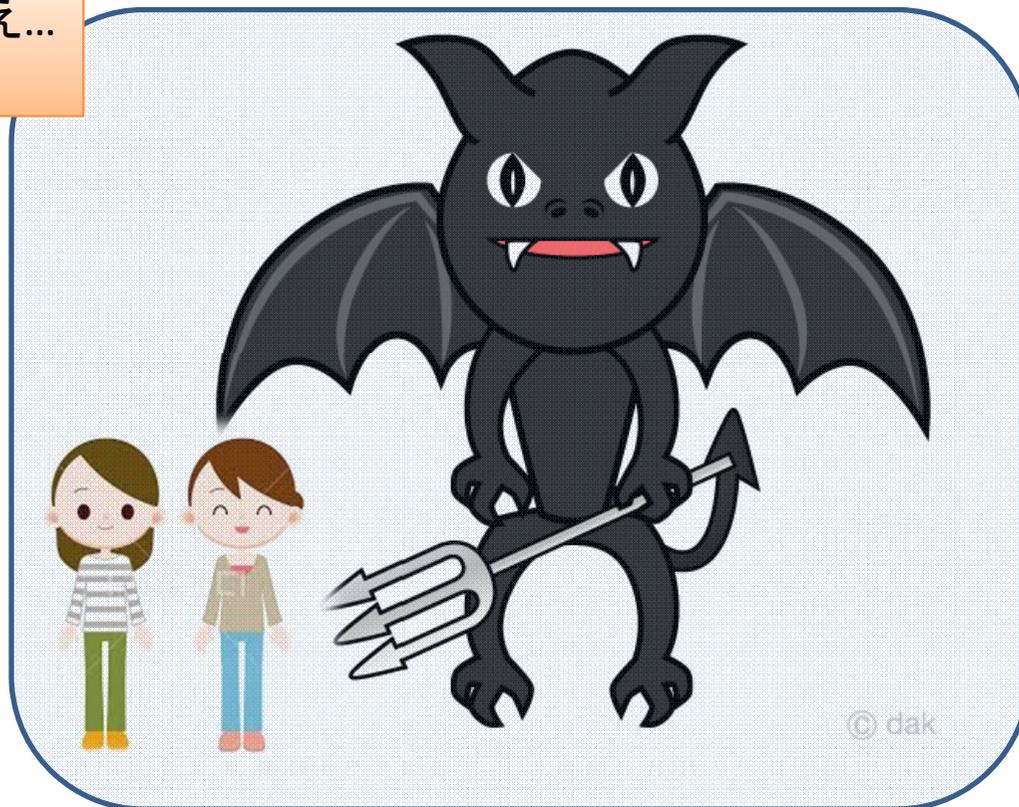
公的事業は一般人の納得が不可欠  
幾つかの基本的事項を踏まえないと、  
納得が得られない

# 専門家と一般の人のリスク

放射能, 重金属, 遺伝子組み換え...  
嫌悪感が先行する



専門家にとってのリスク



一般の人の感じるリスク

# リスコミで留意すべきこと

寄り添う

話を聞く

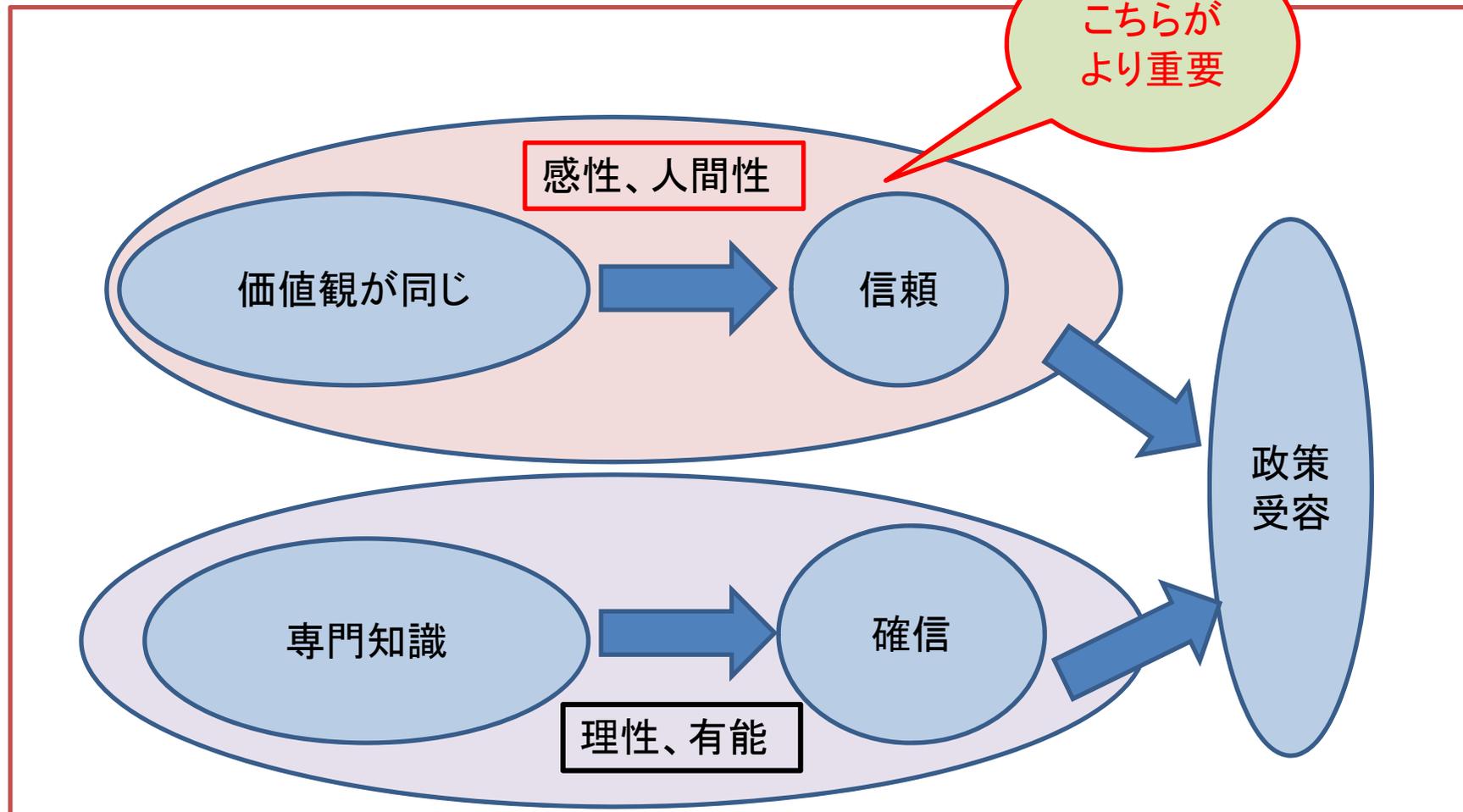
行政側ばかりでなく、  
住民側も尊重すべき

会話をする

相手を認める，相手を責めない

- 以上がないと，信頼は得られない

# 信頼を得るために... 社会心理学より



中谷内一也編(2012)リスクの社会心理学 有斐閣、p251を改変引用

# 信頼を得るために：具体策

事業者自らリスクマネジメントに対して積極的になる

- 情報のオープン化
- 市民との意見交換
- 市民を含む第三者の監視組織の立ち上げ
- 罰則の明示

面倒で非効率なシステムを覚悟すべきです

# リスクの原因は不確実性

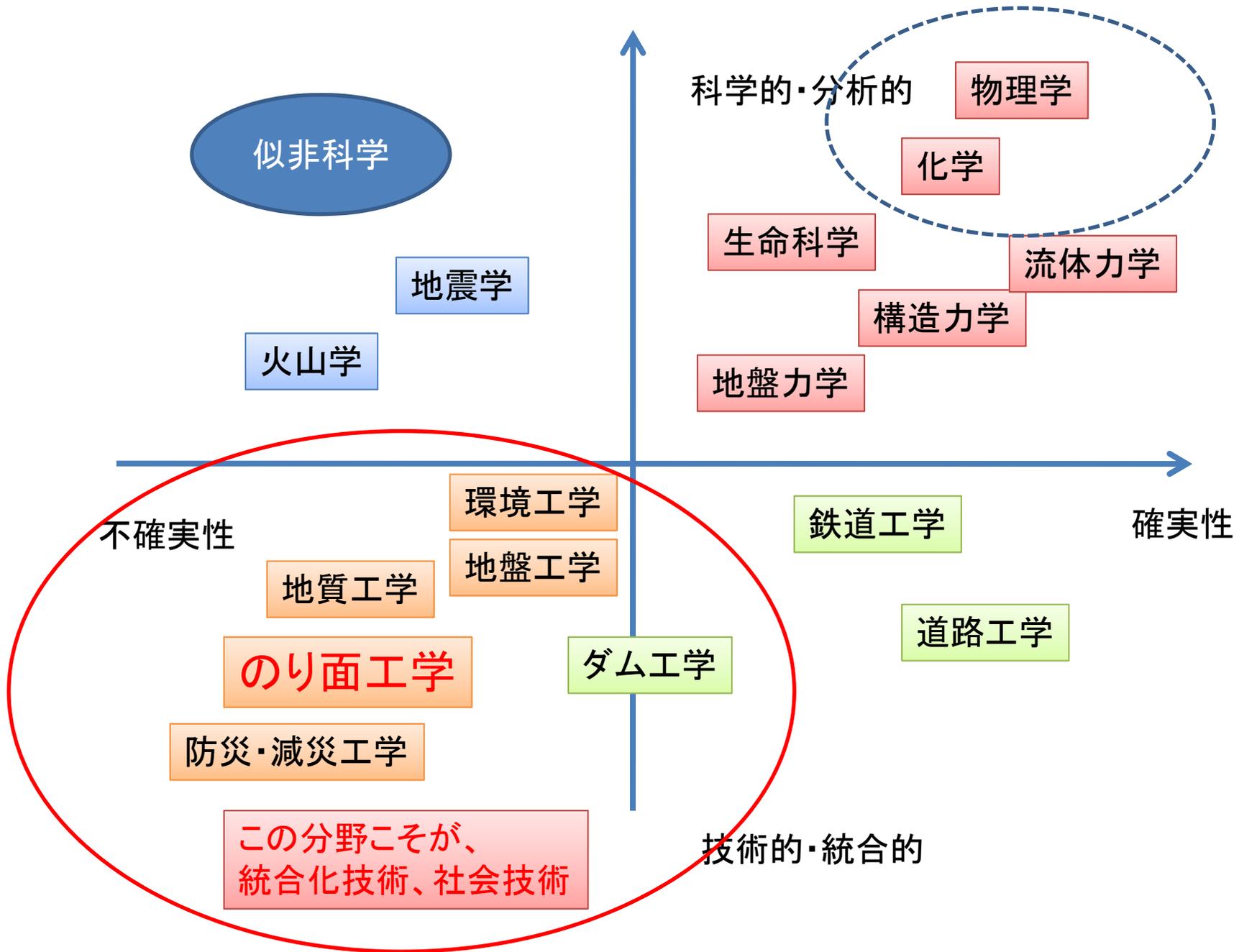
リスクは不確実性より生まれる  
多くのプロセスに不確実性が  
存在することを常に意識

# 一般人の不確実性の認識

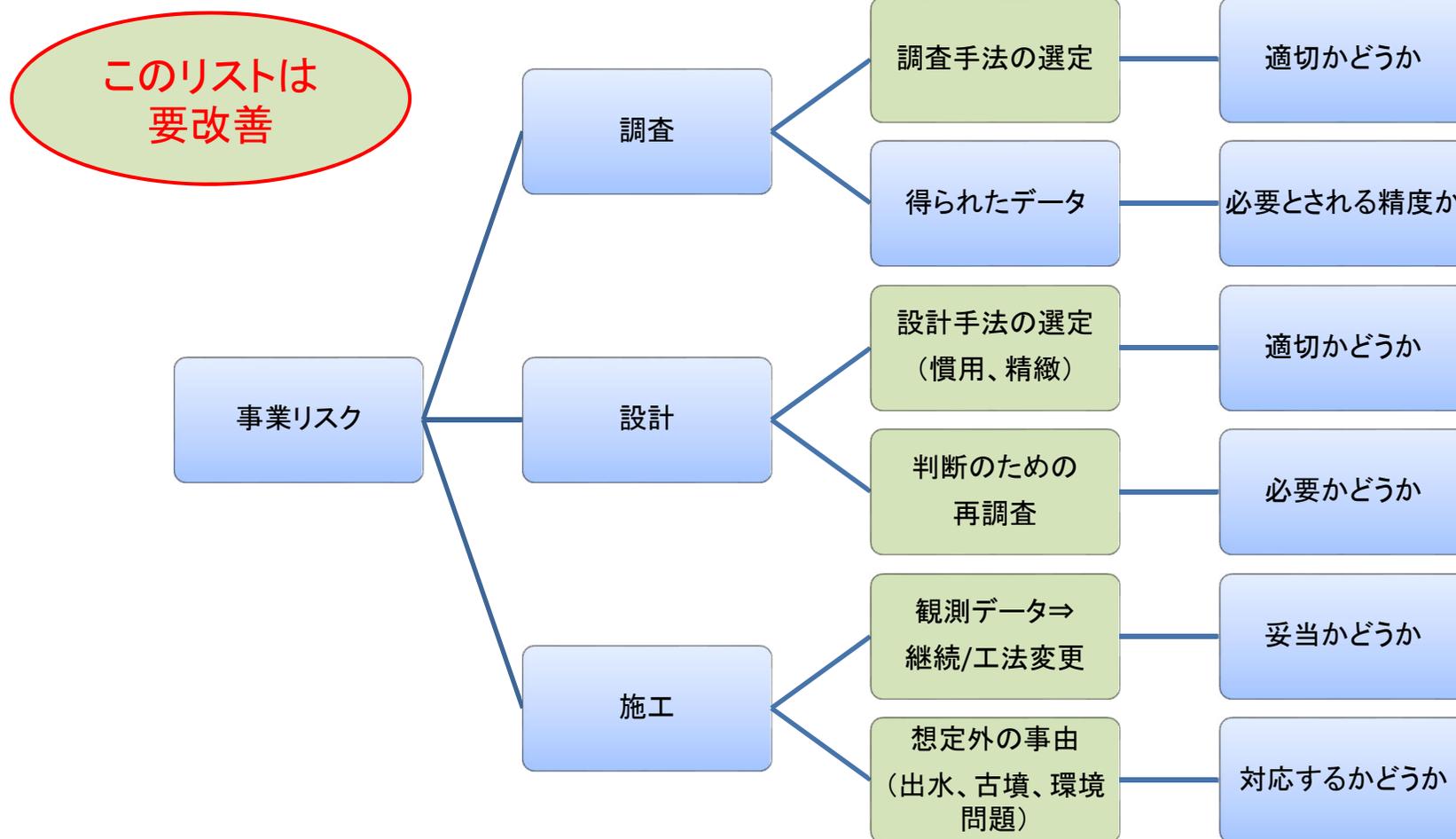
政治・経済・社会・人間  
＜人為的な営みの  
不確実性は了解＞

科学・技術の不確実性の  
程度は低い...  
でも、自然を相手にすると

科学・技術



# 地盤工学の事業リスクと不確実性



人の判断の不確実性の影響の方が格段に大きい！？

不確実性:

ある事象に対処しよう  
としたときに含まれる  
様々な不確実性

不確実性

モノ

変動性  
Variability

時間的変動  
(劣化、風化)

空間的変動  
(層構造、

個体差  
(物性のバラツキ)

ひと

知識  
Knowledge

モデル  
(設計手法など)

パラメータ  
(基本変数)

判断基準

リスクに対するときの  
不確実性とは、異なる  
定義⇒用語の統一が  
必要

不確実性の要因をモノとひとに分類

# 不確実性のレベル

不確実性をレベル付けすると、何か  
が見える可能性がある

<実際の事業を対象として>

# 地質地盤事業の不確実性レベル

一般論のレベル分けに沿うように・・・

レベル	地質地盤事業の不確実性	一般論
1	基本的なミス	結果
2	強度定数の設定ミス, 過小な地盤調査	パラメータ
3	設計・施工方法の選択ミス	モデル
4	問題認識の根本に誤り	問題認識
5	現時点では問題の存在が不明	未知

# レベル2の不確実性

モデルのパラメータ決定に対する不確実性

パラメータのすべてに不確実性が含まれる

様々な地質条件がリスクに関係するが、その情報はモデルに十分に取り入れられているか

成熟した分野では、この不確実性が中心課題となる⇒確率論の導入

# レベル3の不確実性

これまでの既存のモデルのどれを選択すべきか

どのモデルも欠点や無視した要素がある

- 最善のモデルについての議論がなされているか
- 学識経験者のバイアスに踊らされてはいけない

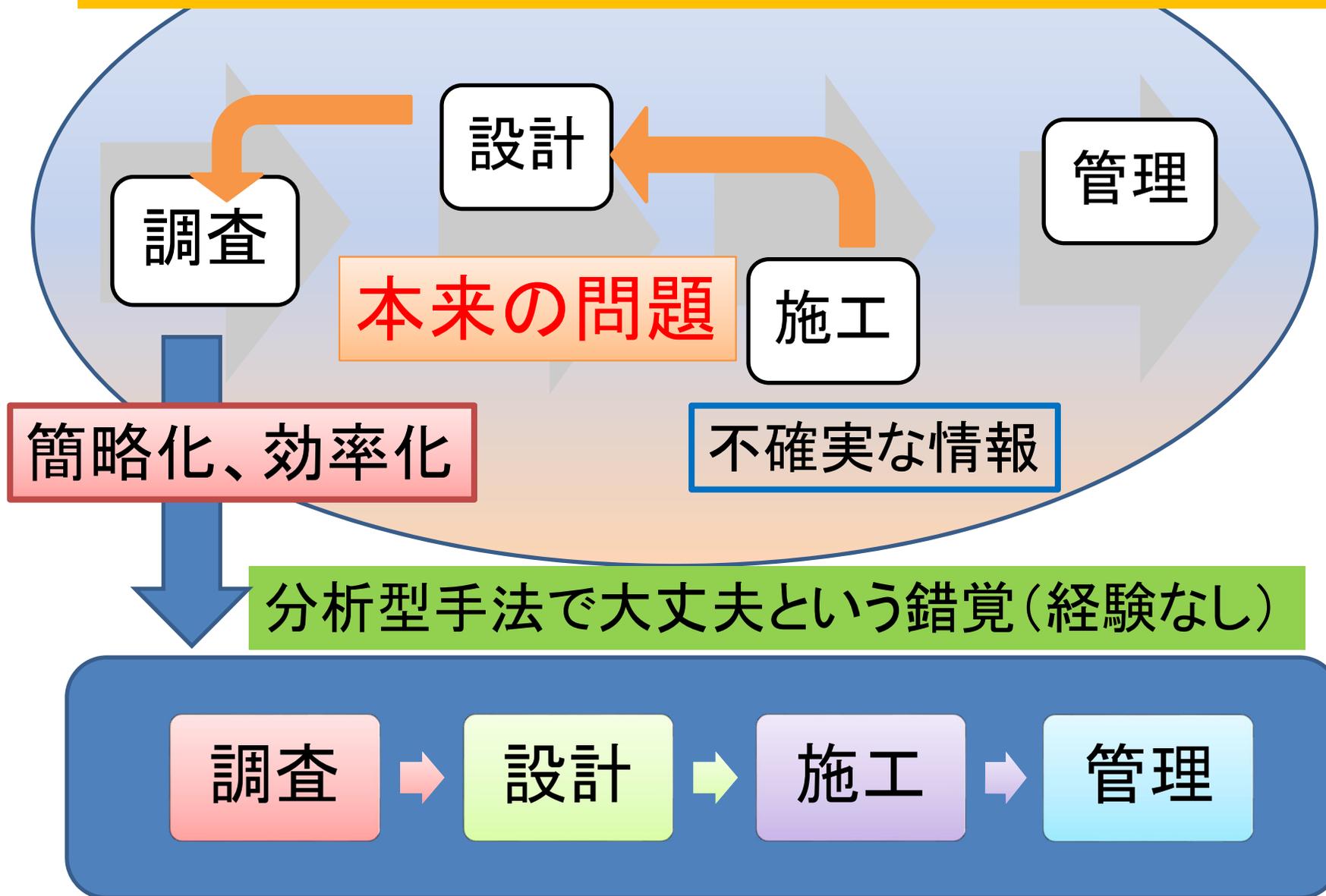
3次元的地形がモデルに取り入れられているか

- 2次元の取り扱いで信頼できる結果が得られるか

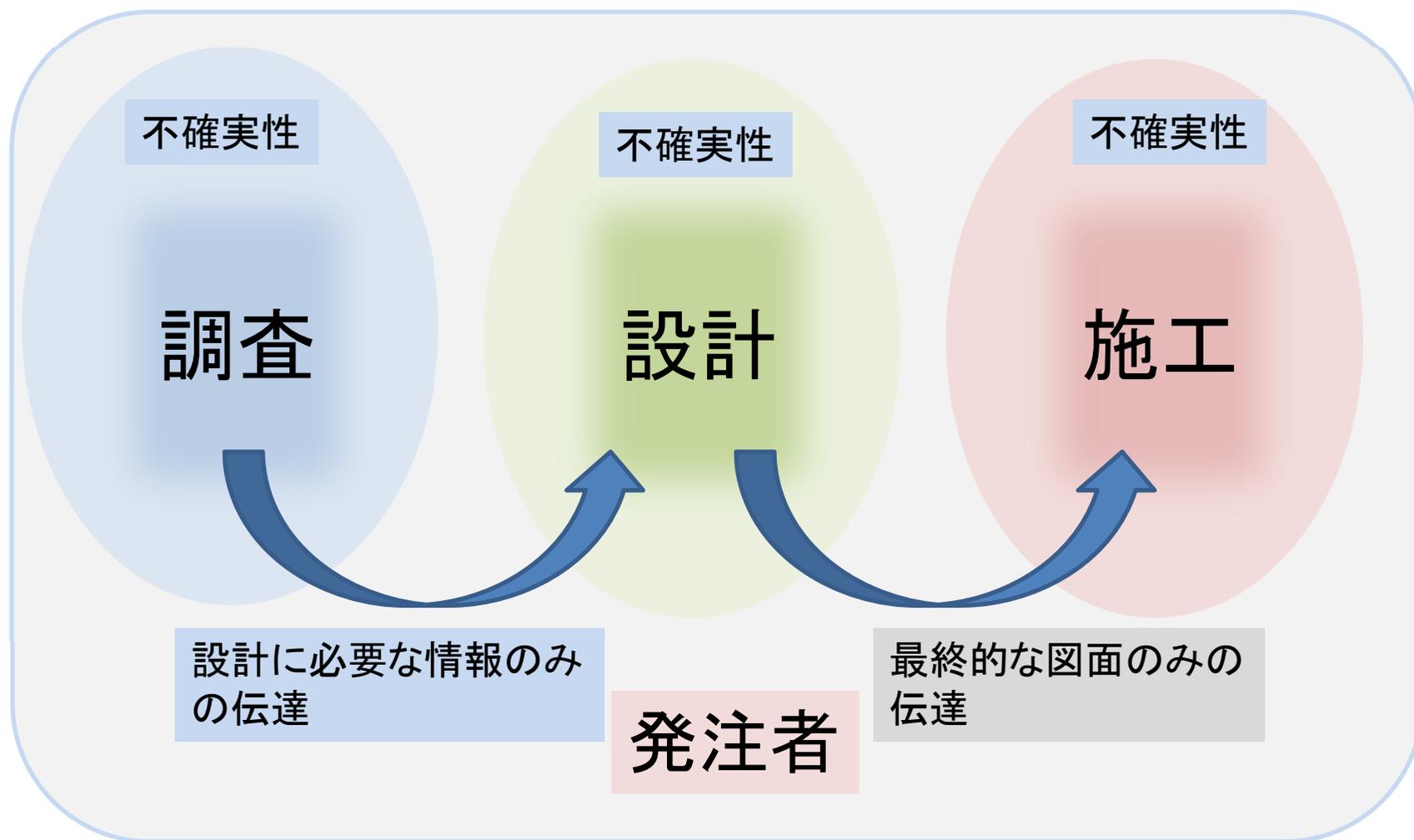
不確実性が要求するもの⇒  
試行錯誤を覚悟すべき

不確実性が高い場合は、  
チェック、やり直しが必要

経験知、暗黙知による統合型設計（経験ある技術者）



# 分業の怖さ：最終結果だけの伝達



発注者が万能の神であれば、理想的と言えるが...

最後の話題です. この部分は  
まだ方針すら出ていません

# リスクと責任

個人の責任と集団の責任  
多数者が関与する事業の責任  
責任の明示がリスク低減へ

# 自然災害に対する責任の所在

責任の重さ, 担うべき人は, 時代とともに変化する

## 自然災害の制御能力が向上した

- 昔は, 自然災害は天災で, 自助, 共助のみ。  
現在は、行政の責任が問われる災害

## 責任の増大と拡散がもたらされる

- 結果として, 責任を避ける傾向が強まった(組織化された無責任): 「リスク社会」の到来 (Beck, 1982)

# 責任をあいまいにしておく...

事故や被害が出た後の対応ができない

多くの場合、責任のなすりあいになる

- 「私は聞いていない. だから, 本件は私の責任ではない」という社長会見の無責任さ
- 必要もないのに, トップがでかけて不用意な説得

危機管理文書はできていても, 当事者意識がもてない

# 多数者が関与する事業の責任

原則的にも、だれが結果(被害)に対して責任を持つのが困難な問題をPMH(Problem of Many Hands)と呼ぶ

- 誰も原因となっていない. 誰も意図していない. それでも望ましくない結果となった
- 関係者の行動が総じて, 悪い結果をもたらした

このとき, 個人のモラル的責任を問うことができるか

- 誰かがモラル責任を果たすべきという感情が生まれる

# リスク論を導入して何が変わるか

対象とする領域が広がる。一般人も関係者⇒**リスコミの重要性**

**多数者が関与する事業**の責任の明確化が求められる

人間(技術者)のもつバイアスの悪影響を低減するためのプロセス(相互チェック)が入る

問題設定(当初事業計画)の精度の検証がより厳密になる

事業全体が冗長なシステムになる懸念もありえる⇒事業の分類⇒影響小は簡略

# 地盤リスク検討小委員会の活動

一般向けパンフレットの作成

# 一般向けパンフレット



地盤工学会東北支部HPからPDFダウンロード可能

- 地盤リスクに遭遇する前に、地盤リスクを知ることが重要。一般には専門書は分かりにくい。
- 一般向けパンフレットを作成。
- 私たちが生きていく間に遭遇するかもしれない地盤リスクについて事例を交えてどのように付き合っていけばいいのか示した。
- 土木や地盤の専門家は、一般者への説明に活用。

知っておいてほしい

## 地盤のはなし

—地盤リスクとの付き合い方—



Tohoku Branch

of The Japanese Geotechnical Society

公益社団法人 地盤工学会 東北支部

東北地域地盤災害研究委員会

地盤リスク検討小委員会

## 1 リスクは何故ある？

- 1-1 想定内・想定外
- 1-2 地震のリスク
- 1-3 地震はなぜ起こるのか
- 1-4 降雨のリスク
- 1-5 その他の自然現象のリスク(降雪, 火山)
- 1-6 知らないというリスク
- 1-7 単独とは限らないリスク
- 1-8 想像力が無ければリスクに備えられない

## 2 最近の地盤災害を振り返る

- 2-1 青森県における地震時の地盤リスク事例
- 2-2 2016年岩手豪雨災害
- 2-3 東日本大震災宅地造成地被害
- 2-4 2013年秋田豪雨土砂災害
- 2-5 福島県の土砂災害
- 2-6 液状化

### 3 地盤災害をもたらすもの

- 3-1 地盤災害はなぜおきる？
- 3-2 いろいろな地滑り
- 3-3 地すべりと地下水
- 3-4 土砂崩れはなぜおきる？
- 3-5 雪崩はいつどこでおきる？
- 3-6 宅地造成地の地盤被害の誘因と素因
- 3-7 液状化はなぜおこる？
- 3-8 軟弱地盤の沈下と安定

### 4 地盤災害を低減するために

- 4-1 地盤を知る
- 4-2 自然災害から命を守る

### 5 地盤関係の法律

- 5-1 宅地造成等規制法
- 5-2 土砂災害防止法

## 6トピック

- 6-1 なぜ雨量による通行規制が必要か？
- 6-2 造成地盤と自然地盤の違い
- 6-3 土砂災害警戒区域の指定を受けたときに考えるべきこと
- 6-4 大規模な雪崩の現場調査
- 6-5 地名が教えてくれること
- 6-6 地盤の調査方法
- 6-7 家を買う時に専門家が考えること
- 6-8 「リスクと責任」のお話し
- 6-9 リスクを大きくするバイアス
- 6-10 リスク論の基礎

10ページの秋田バージョン  
簡易版も！

知っておいてほしい  
**地盤のはなし**  
—地盤リスクとの付き合い方—  
秋田県一般向け(まず初めに読んでくれ)

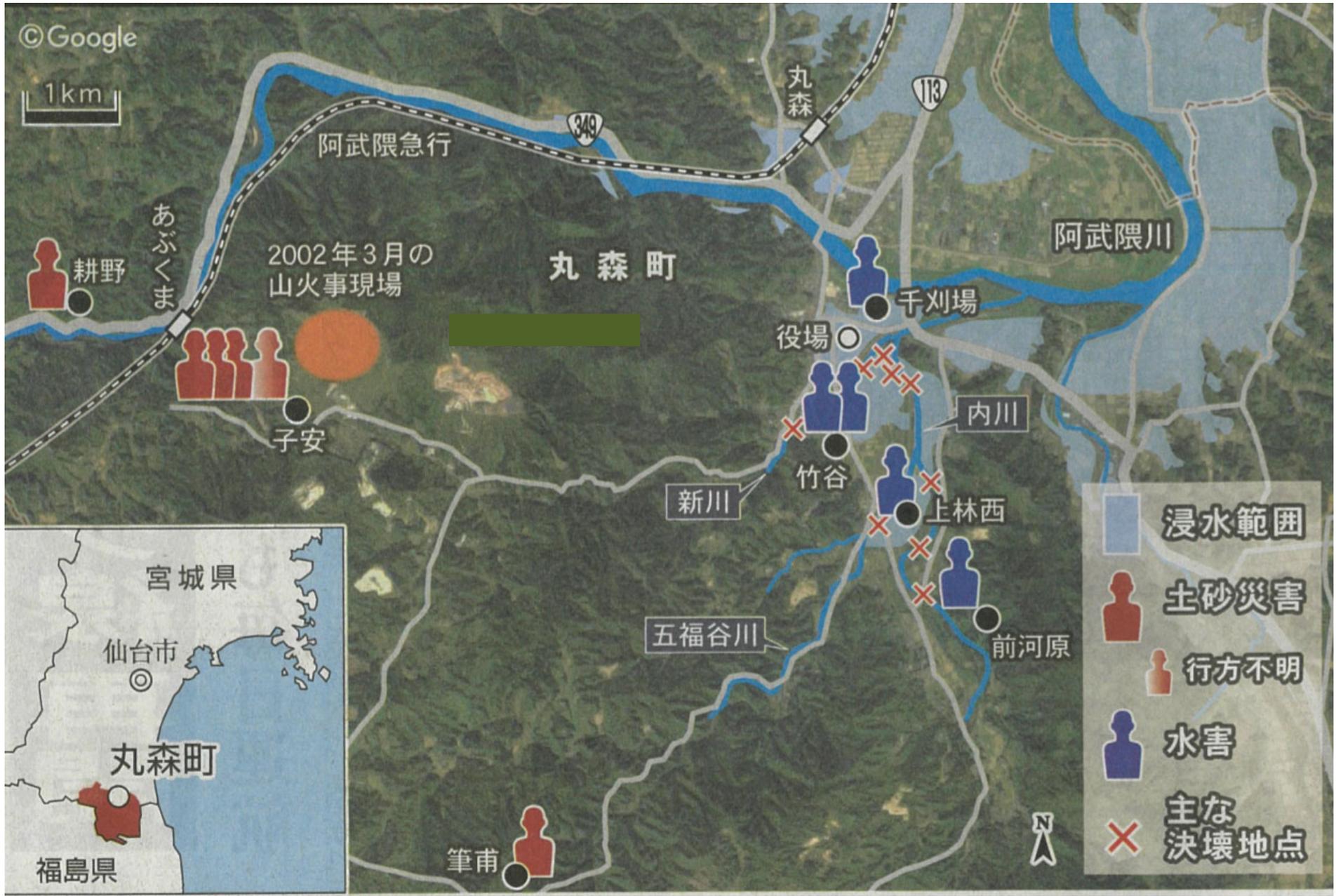


**JGS** Tohoku Branch  
of The Japanese Geotechnical Society  
公益社団法人 地盤工学会 東北支部  
東北地域地盤災害研究委員会  
地盤リスク検討小委員会

# 速報：台風19号の丸森町の被害

本資料は、東北大学災害科学研究所の森口周二先生が作成した文書の一部を抜き出したものです

# 死者・行方不明の被災場所



河北新報社2019年10月31日朝刊より

# 町役場周辺(丸森地区)の浸水



山間部で降った雨が流下

**内水氾濫**

浸水

小規模な河川

水位上昇

市街地に降る雨が排水できない

水門

河川水位上昇に伴い閉門

水位上昇

新川

**外水氾濫**

浸水

水位上昇

内川

**外水氾濫**

浸水

水位上昇

内川

阿武隈川

この先で阿武隈川と内川が合流

Image Landsat / Copernicus  
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

© 2018 ZENRIN

Google Earth

画像取得日: 2018/10/21 37° 54'48.39" N 140° 45'50.16" E 標高 20 m 高度 785 m

# 町役場周辺(丸森地区)の堤防決壊



## 新川右岸における堤内側から堤外側への破堤



↑ 上流での河川氾濫に伴う堤内側の浸水に伴う破堤と推察される. 通常の堤防の決壊とは逆方向の破堤.

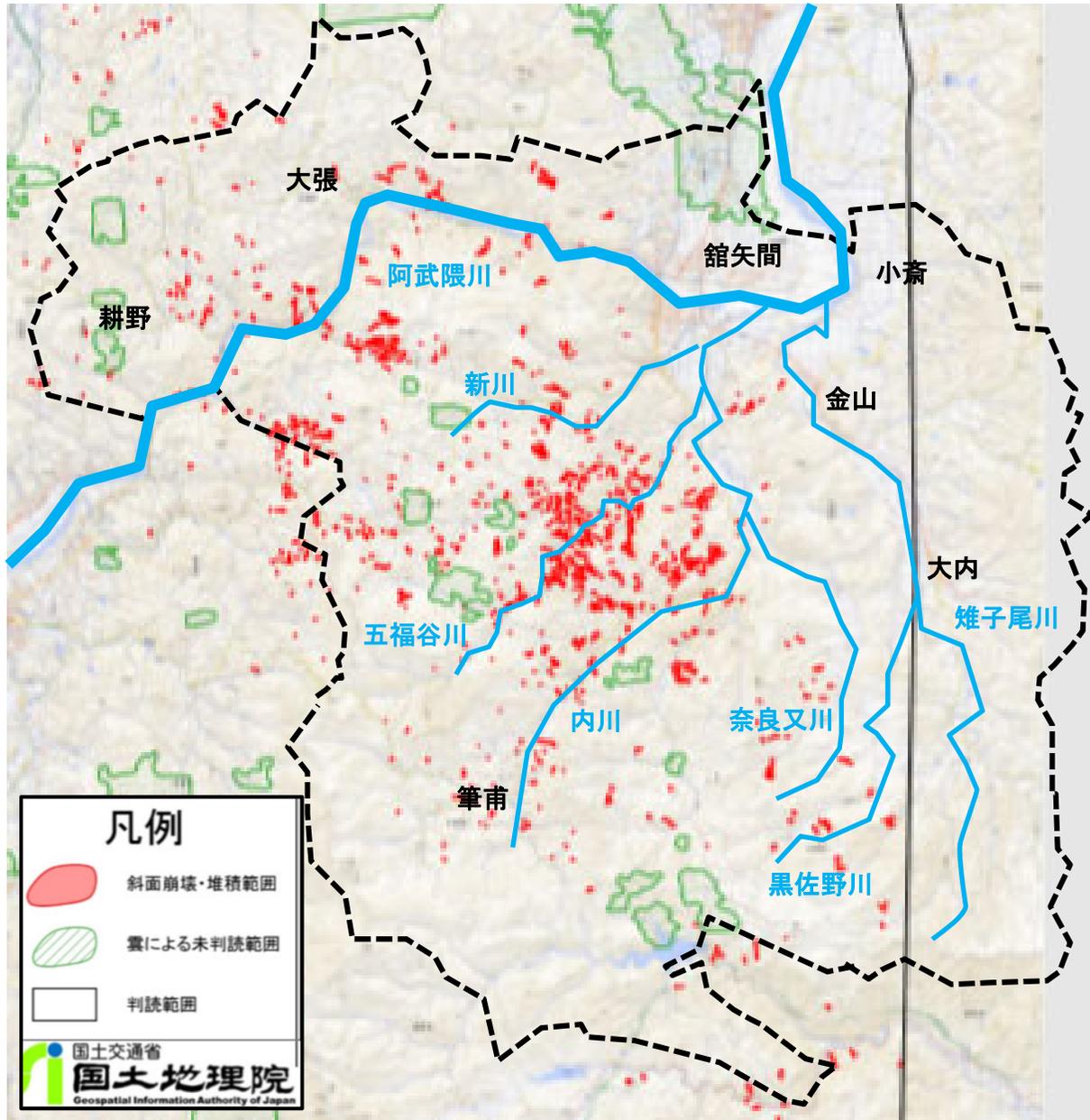
↓ 天端に流木が残っていること, 破堤部以外の堤内側にボイリングの跡がないことなどから, 越流による堤体の洗堀が破堤のメカニズムと推察される.

## 五福谷川左岸(内川との合流部前)の破堤



# 土砂災害(丸森町全体の分布)

抽出対象  
外の領域



新川, 五福谷川, 内川の上流域での崩壊が顕著. また, 阿武隈川流域では大張地区や紺屋地区での発生が目立つ. 特に五福谷川の流域周辺には崩壊箇所が集中している. 相対的に雨の量が多かった筆甫地区では, 比較的崩壊箇所が少ない.

崩壊斜面・堆積分布図(国土地理院, 令和元年(2019年)台風19号に関する情報)に加筆

# 子安地区(廻倉)の土砂災害

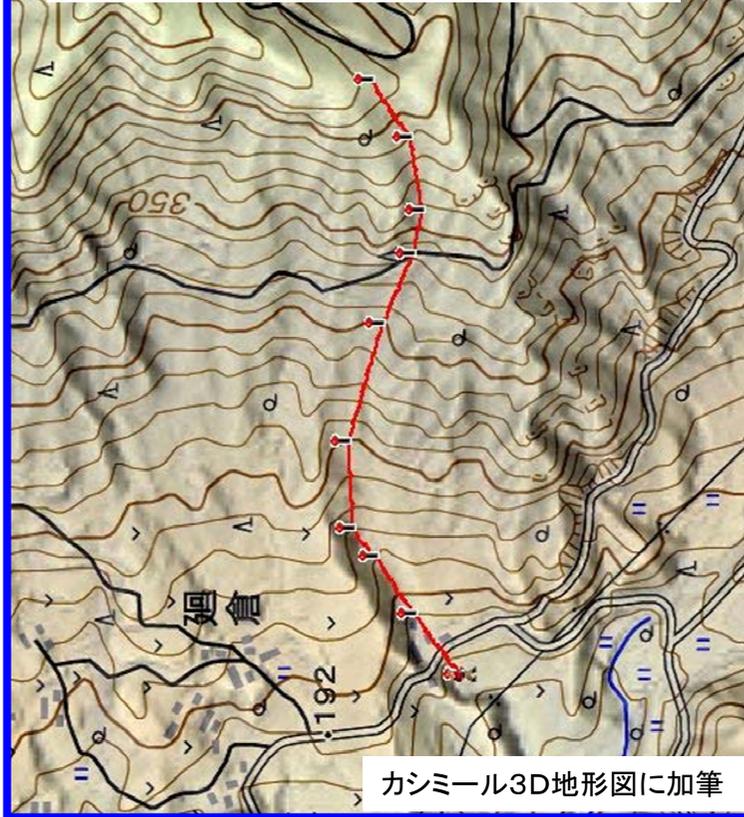


死者3名，行方不明者1名が発生。土石流が発生した次郎太郎山の地質は花崗岩で，それが風化した「まさ土」で山腹表面が覆われており，風化しきらなかった花崗岩の巨石(コアストーン)が山中に多く存在し，土石流の一部となり流下しているため，土石流のエネルギーが大きい。2018年の西日本豪雨でも問題視された現象。

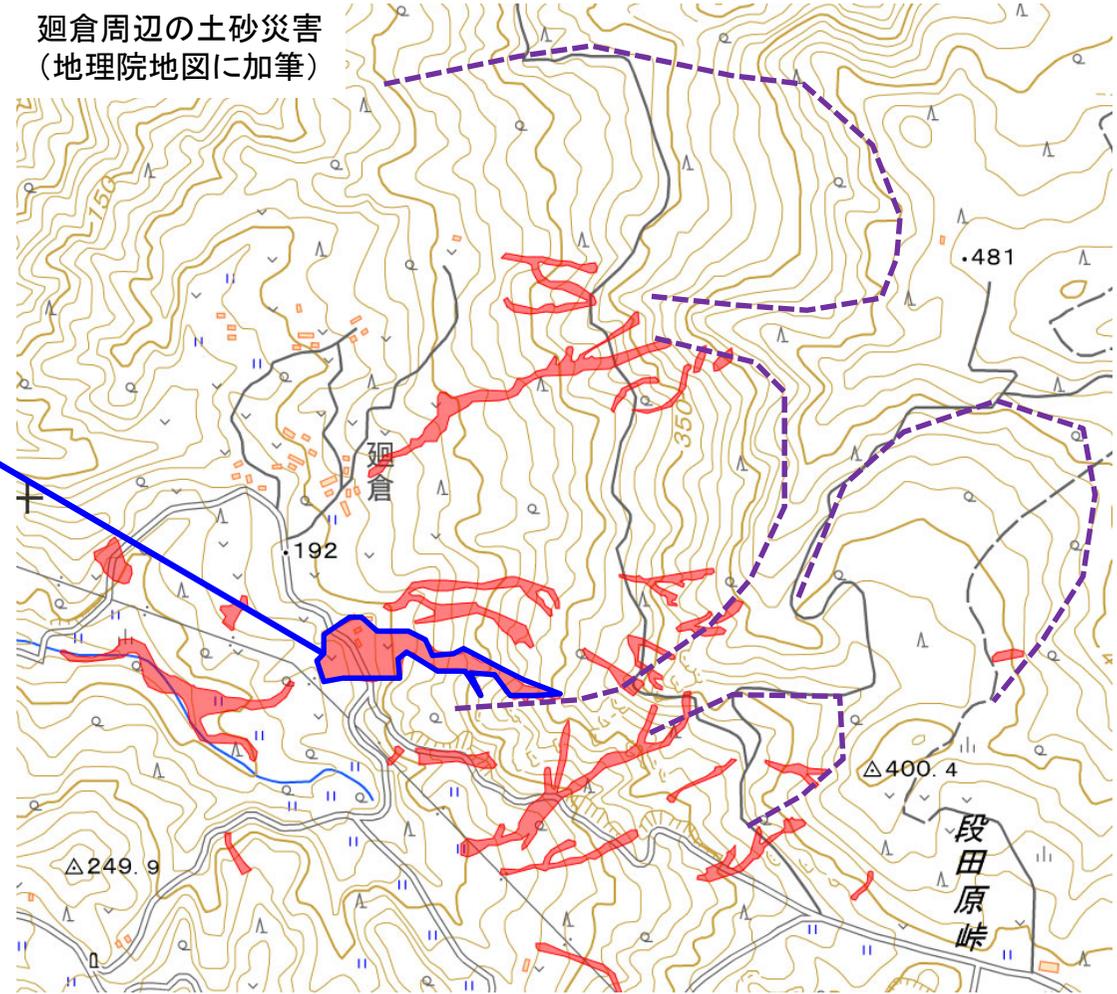


## 子安地区(廻倉)の土砂災害

死者が発生した土石流の流下経路

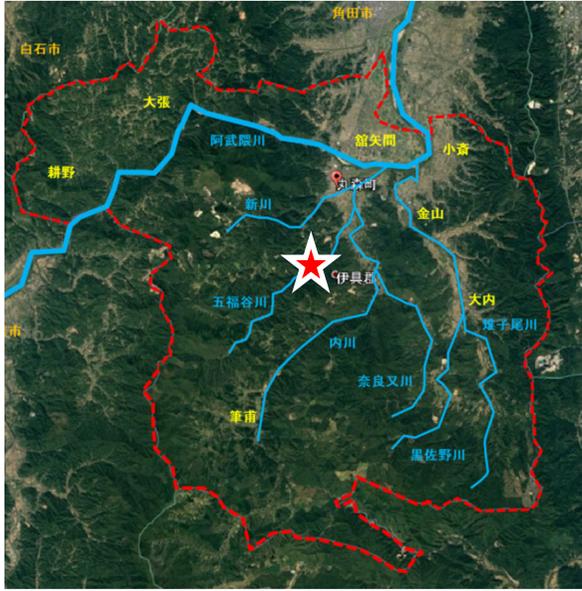


廻倉周辺の土砂災害  
(地理院地図に加筆)



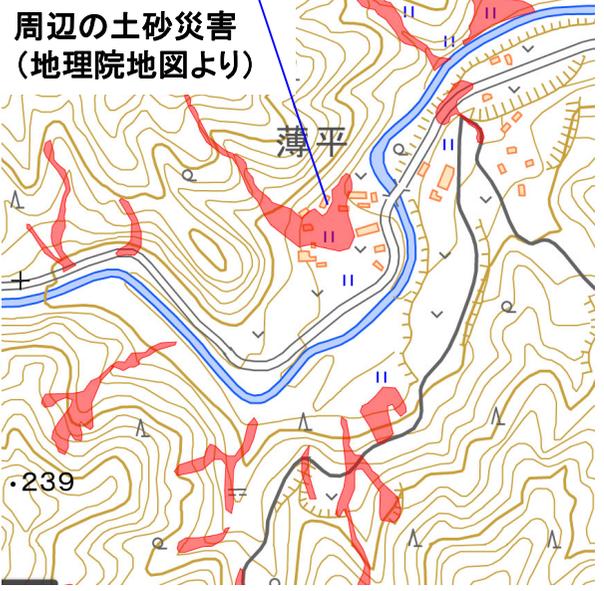
次郎太郎山の西側山腹に土石流が集中して発生。主な素因は西側全体が地すべり地形になっていることに起因していると推察される。また、滑落崖はかなり古い時代に形成されたものと推察される。死者を発生させた土石流は、滑落崖内で形成された沢地形に沿って流下している。豪雨に伴う山腹のまさ土の崩壊や流出によってコアストーンが不安定化し、大量の水分を含んだ真砂土とコアストーンが土石流となって斜面下まで流下したものと考えられる。近隣の複数の民家が集中する地域では土石流の直撃を免れているが、山腹の土石流発生状況を考えれば、被害がなかったと言って楽観視できるような状況ではない。なお、2003年の山火事による樹木の消失が土石流多発の要因とする説もあるが、樹木の根の効果が期待できるレベルの雨ではなく、地すべり地形であることの方が素因として強いと考えられる。

# 五福谷川上流(薄平)



被災前 (Google map ストリートビューより)

## 民家を襲った土石流



土石流は山腹の沢地形に沿って発生しており、周辺でも多くの土石流が発生している。

## 五福谷川上流(薄平)



土砂災害と河川氾濫の二重苦の状況。このような被害の状況は、丸森町の山間部の河川沿いでは多く確認されたが、被害のレベルとしては、この薄平およびその周辺が最もひどい。通常、このレベルの被害が発生すれば、多くの死者が発生してもおかしくないが、この地域およびその周辺の五福谷川の流域では、死者は発生していない。人口密度が低いということも理由ではなるが、被害レベルから考えて死者ゼロは驚異的。

