

福島原発事故に学ぶ

東京大学生産技術研究所

2014年6月13日

元(政府)東電福島原発における

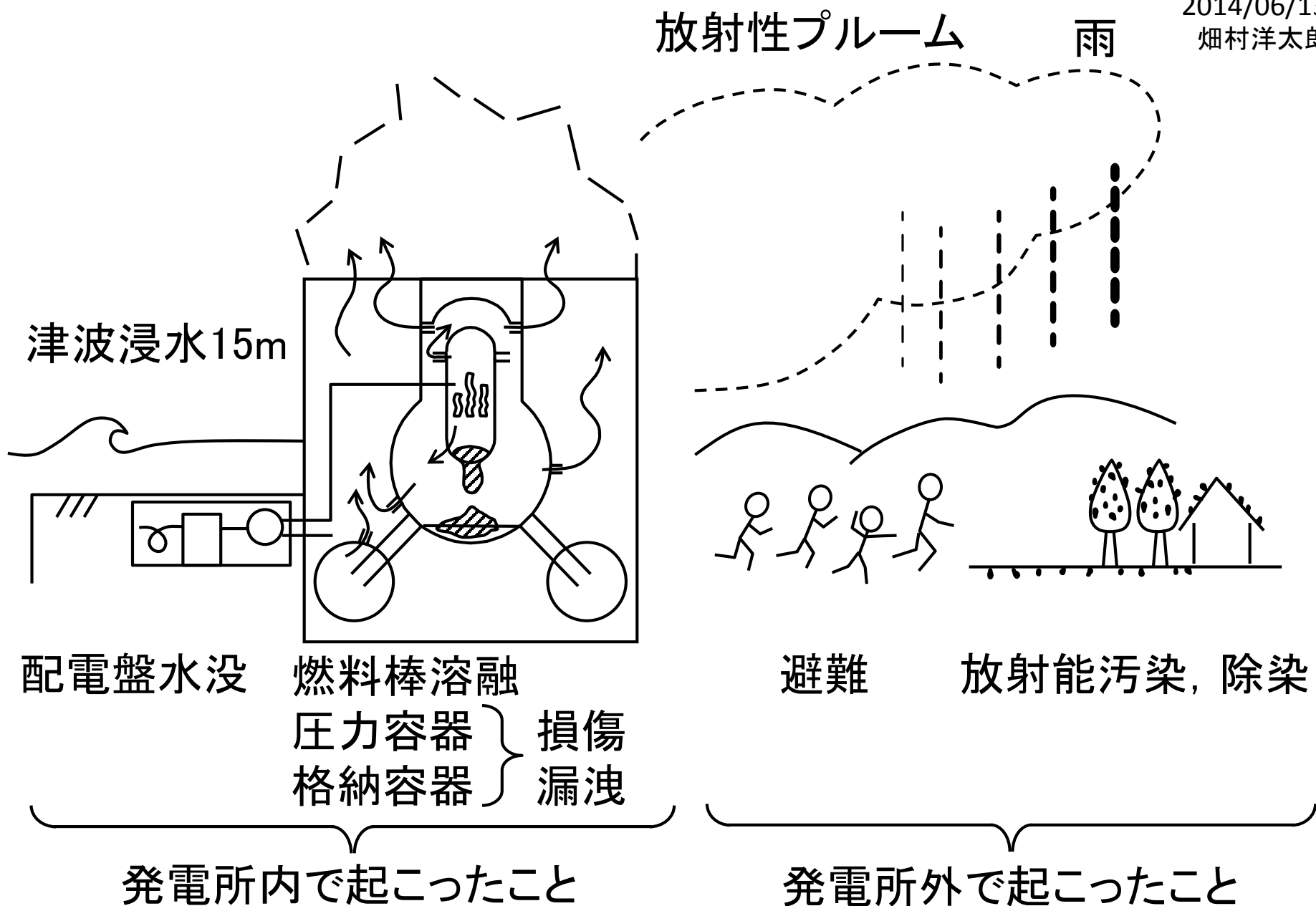
事故調査・検証委員会委員長

東京大学名誉教授 畑村 洋太郎

内容

1. “フクシマ”で何が起こったか
2. 原発事故の今後を考える
3. 今後のエネルギーを考える
4. 予測されていた事故
5. 事故に学ぶ
6. 失敗学からの提言

1. “フクシマ”で何が 起こったか



図

福島原発事故で起こったこと

原発事故はすべてを崩壊させる



地域，職場，家庭，人心

(南相馬市立石神第一小学校・但野真一校長の話)

避難者数

福島県全体の避難者数 16万人 (13.5万人)

うち県内での避難者数 10万人 (8.7万人)

うち県外への避難者数 6万人 (4.8万人)

※()内は2014年1月現在

福島県の震災関連死亡者数 1572人(2013/9/30現在)
(全国では2916人)

2. 原発事故の今後を考える

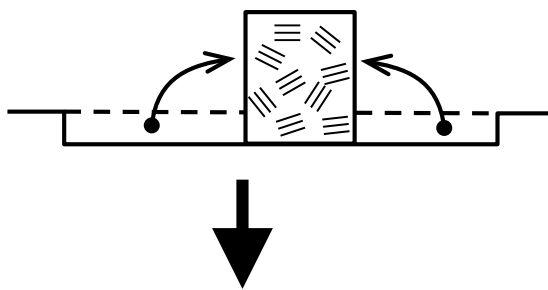
1. 除染と帰還
2. 事故の収束
3. 原子力発電技術の必要性

2.1 除染と帰還

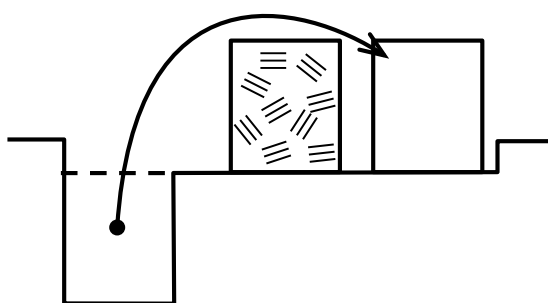
- 除染できなければ帰還できない。
1mSv/yの壁
- 除染方法を見直す。
集めない, 運ばない, 積まない
その場処理の深穴埋め, 天地返し
- 全員帰還を目指さない。

その場処理の深穴埋め 除染実験

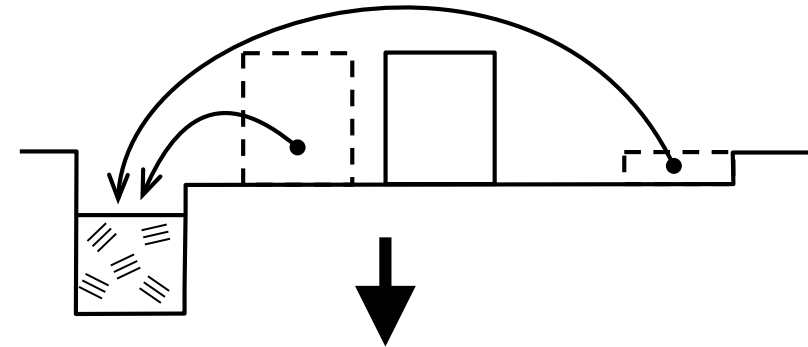
(i) 汚染土の一部を剥ぎ
清浄面を出す



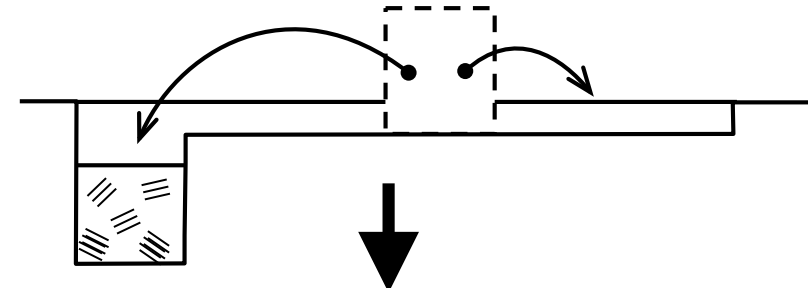
(ii) 深穴を掘り投棄準備をする



(iii) 汚染土を剥ぎ取り
深穴に投棄する



(iv) 清浄土で深穴に蓋をし
剥ぎ取り面を埋め戻す



(v) 汚染土は深穴に埋まり
田の表面は清浄土になる

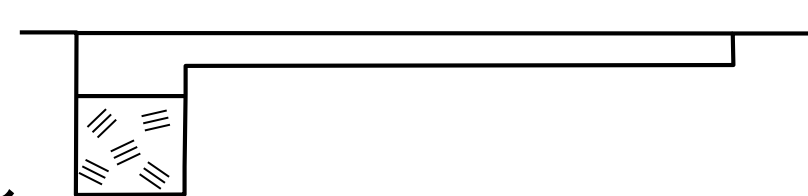


図 危険学プロジェクトで行った
除染実験～土を動かす順序～



2013/11/3
畑村撮影

実験場所

図 深穴埋め除染実験場所
杉林の左後方から放射性プルーム(雲)が飛来した.

2013/11/3
畑村撮影

2014/06/13
畑村洋太郎



深穴から
掘り出した
清浄土

図 汚染土からの放射性物質の流出を計測するため深穴底に水の収集用の穴あき塩ビ管を設置し、計測用の縦管をL字型に接続した。それとは別に鉛直方向の線量計測用の塩ビ管も設置した。

2.2 事故の収束

汚染水
廃炉

2.3 原子力発電技術の必要性

- 日本で原発廃止となっても、廃炉技術は必要
- 事故の収束には、原発技術・廃炉技術が必要
- 放射性廃棄物処理技術が必要

- 海外向け(特に新興国)に原発建設・運用技術が必要
- 国民の考えが変わり、日本が再び原発を新設するときに備えて、原発建設・運用技術が必要

3. 今後のエネルギーを考える

○ なぜ原発を導入したか

2014/06/13
畑村洋太郎

電気が欲しかった日本



2010/10/12
畑村撮影

黒部ダム

総貯水量約2億 m^3

黒部第4発電所

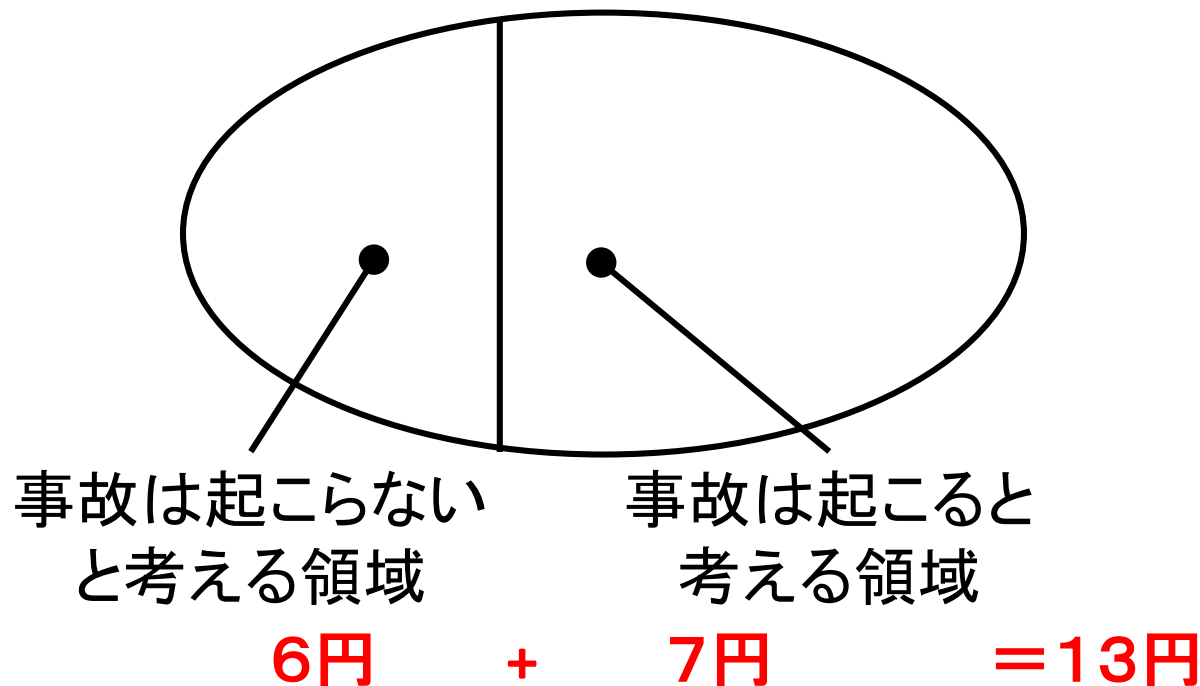
最大出力33.5万kW

運転開始 1961年

建設中の死者171人

図 ヘリコプタから見た黒部ダム

○ 原発は本当に安いのか？



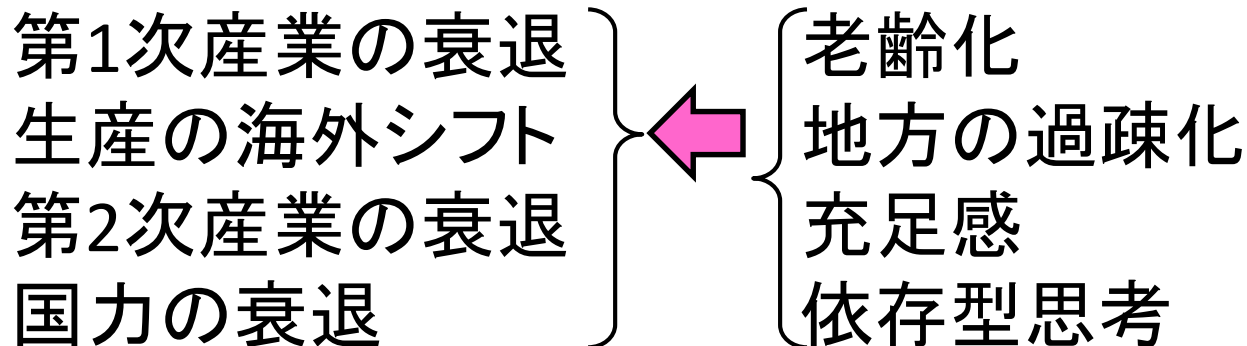
原発による累積発電量 = $2882 \text{億kWh} \times 50 \text{年} \times 1/2 = 7.5 \text{兆kWh}$
(2010年度分)

原発1kWh当りの事故対応費 = $50 \text{兆円} \div 7.5 \text{兆kWh} = 6.7 \text{円}$

図 事故で明らかになった原発の真の発電コスト
(畑村の概算)

○ 原発廃止で何が起こるか

これまでに既に起こっている日本の衰退



日本衰退加速のシナリオ

原発廃止

- 電力不足・電力価格上昇
- 生産の海外シフトが加速
- 産業力の衰退
- 国力の衰退
- 円安
- エネルギーと食料不足
- 耐乏生活

- * 再生可能エネルギー買い取り問題
- * 原子力発電技術の継続

○ 再稼働か？廃止か？

- 日本の将来の全体像を把握した上で議論すべき.
- 利便と負担の新しいバランス点を見つける.
- 単純な再生可能エネルギー礼賛は誤り.
- 先ずはエネルギー消費を削減すべき.
Ex. 建物の断熱, 交通システムの省エネ化,
様々な無駄の見直し

参考: ドイツ, スペイン

○ 原発を使うとしたら

- × “安全性が確認できたら・・・” では不十分.
(この論理は事故が起こったことで破たんした.)

○ 原発を使うとしたら

- 事故は起こるものとして、
 - 被害拡大防止策の策定
 - 実際に近い形で計画の試行
 - 計画の妥当性の確認
 - 除染計画の策定と住民への周知及び住民の理解が必要である。
- 危険なものを危険なものとして議論できる文化の醸成が必要。
- 想定外に対応できる人間を作る

4. 予測されていた事故

2014/06/13
畑村洋太郎

○ 日本は原子力発電を扱う資格があるのか

- マクローリン氏の意見
(@Sandia National Laboratoriesでの意見交換)
「技術者が発言しない. こういう文化の国は原子力を扱う資格がない. 」
- ラコステ氏(仏)の発言
(@政府事故調国際会議2012年2月)
「日本が事故を起こす危険性を感じていた.
日本の安全基準が国際レベルに達していない. 」

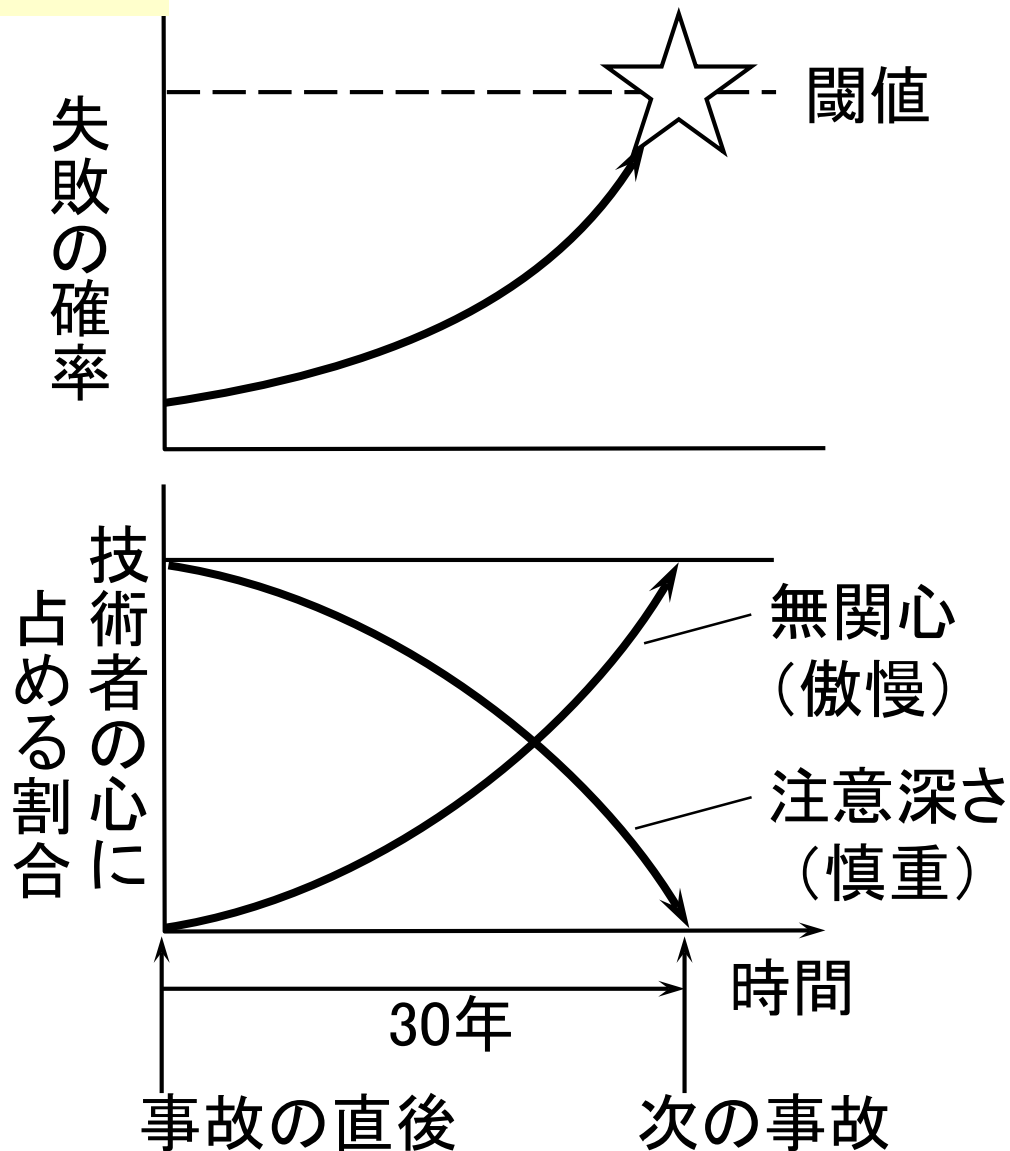


図 時間の経過に伴う失敗確率(可能性)の増大

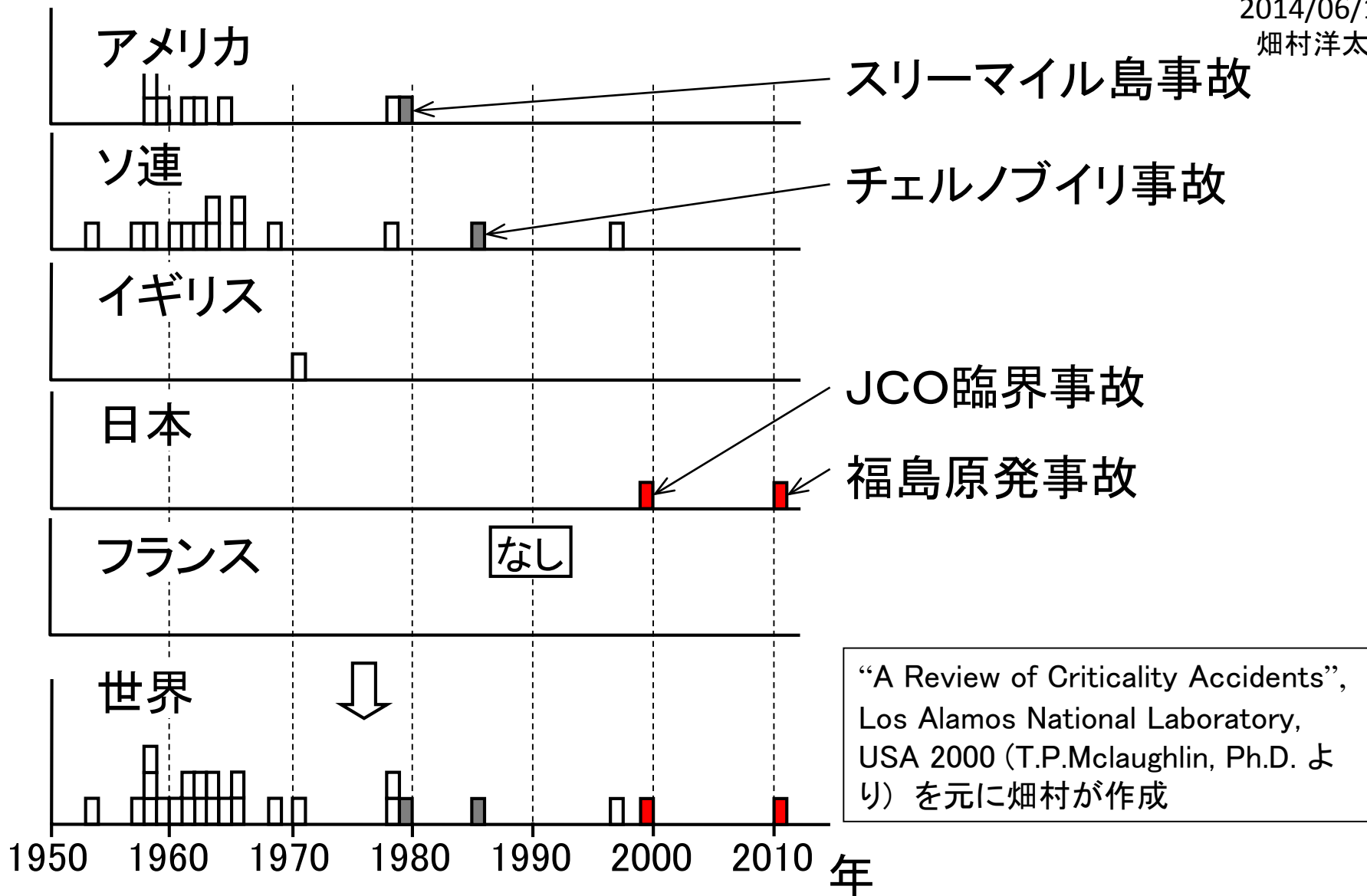


図 周期性を持って発生する臨界事故／過酷事故
(世界規模で見る臨界事故／過酷事故)

5. 事故に学ぶ

1. 事故に学ぶ必要性
2. 何がこのような大事故を起こさせたのか？
3. “フクシマ”に学び今後にかすべきこと

5.1 事故に学ぶ必要性

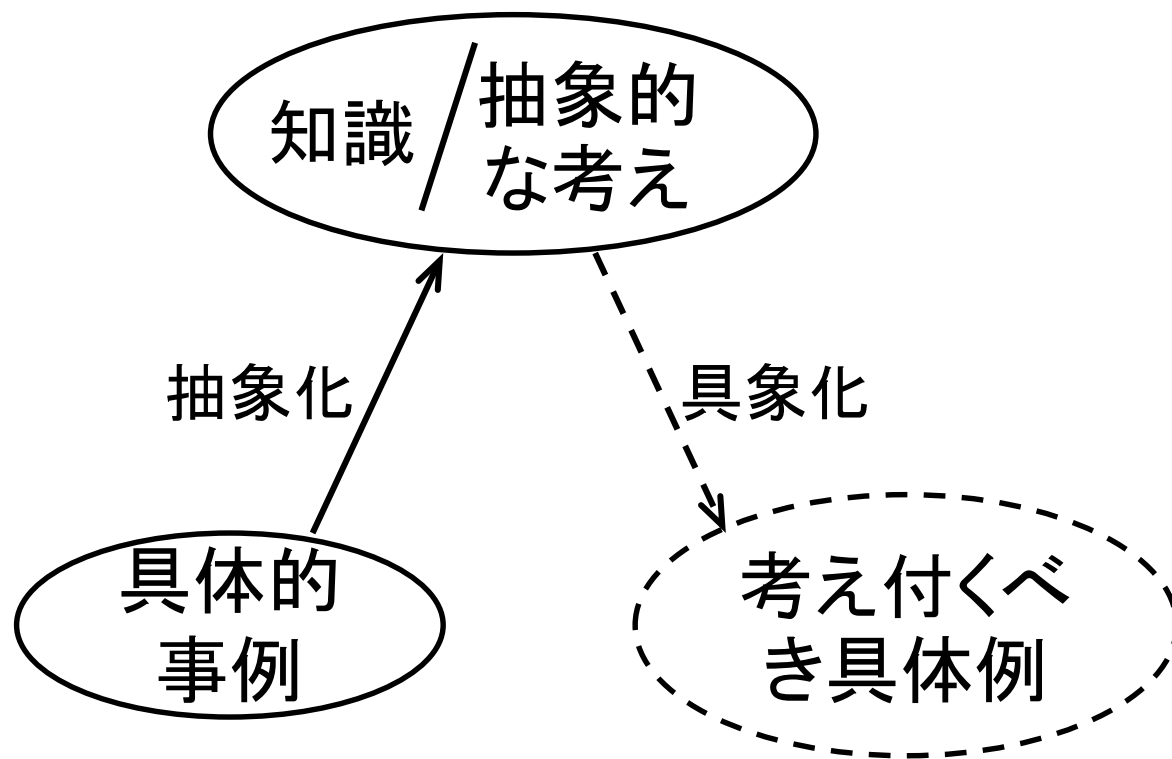
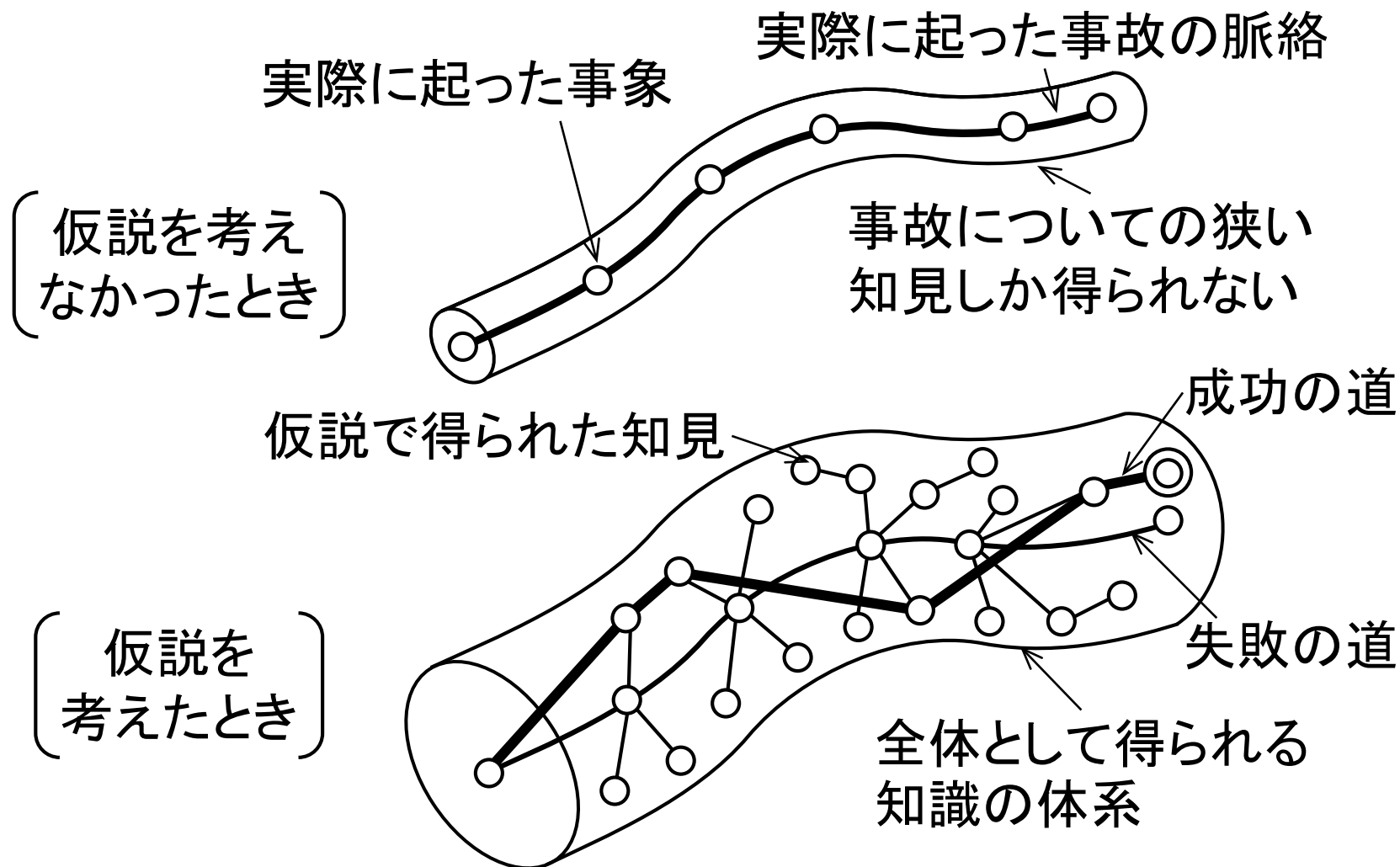


図 失敗の知識化と知識の適用
～抽象概念に上り, 具象化で
下ると新しい具体例に気付く～

総括と知識化

仮説(たら・れば・もし)を加えて 全体像を作ると豊かな知識体系ができる



☆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

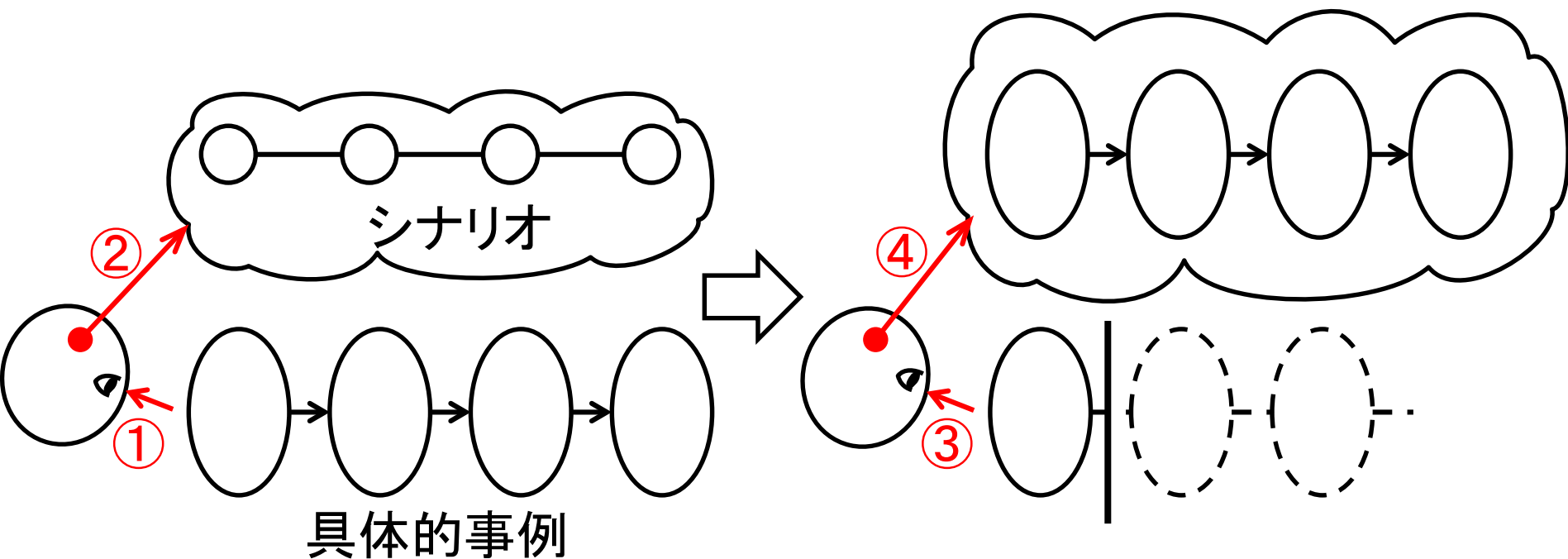


図 シナリオのパターンマッチングで事故を予見する

5.2 何がこのような大事故を 起こさせたのか？

～調査で分かったことから得られた知見～

- 内的要因による事故だけを想定し、外的要因による過酷事故(SA)を想定しなかった。
- 自然災害対策において津波の想定・AM策が不十分だった。
- 福島県沖を震源とする大規模な地震や津波の可能性の知見が増していたのに、それに注目しなかった。
- 東京電力は複数の原子炉の同時被災を考えなかった。
- 複合災害の視点がなかった。
- 事故発生後への備え(被害拡大防止策)がなかった。
- 原子力防災マニュアルがSAに対応するものではなかった。事前の防災訓練も不十分だった。
- 予期せぬ事態の出来に十分な備えがなかった。

➡ 想定不足, 準備不足

見たくないものは見えない, 都合の悪いことは考えない。

- 海外から導入された技術を日本の風土に適合させることが十分に行われなかった。
➡ 物や技術は移転できるが、技術思想は移転できない。
- (1993年)安全委員会が長時間の全電源喪失は考えなくてもよいとした。
➡ 品質への過信
- 中越沖地震による柏崎刈羽原発の被害に学ばなかった。
- TMI, チェルノブイリで獲得した知見を取り入れなかった。
➡ 外国・他分野に学ぶ謙虚な姿勢がなかった。
- 独立した原発安全規制機関がない。
➡ 規制の形骸化

- 国や上層部の判断・決定事項に従うのみで、それを前提として判断・行動するだけだった.
- 安全の第1義的な責任は事業者にあるという自覚がなかった.

⇒ 組織運営の形骸化

- 個々の設備および全体システムの理解が不十分だった.
- SPEEDIの活用不足のため、適切な避難誘導が行われなかった.
- オフサイトセンターは放射線防護設備が整備されていないため使えなかった.

⇒ 設備・システムの形式的な運用

- 危険なものである原子力発電を社会の不安を払拭するために「安全神話」により推進してきた。
➡ 危険から目を背けるばかりで、危険に正対して議論する文化の不在
- 想定外事象に対応できる個人を作る教育・組織文化がなかった。
➡ 主体的・能動的に行動できる個人を作る文化の不在
- 次々起こる事象への対応に追われるばかりで全体像を捉えられる人材がいなかった。
➡ 全体像を捉えることができる個人・そのような個人を育てる教育の不足

気に包まれる

地域によって津波の意識の差があった

三陸では高い津波は来るものと思っていたが、仙台湾以南では高い津波が来ることは誰も考えていなかった。

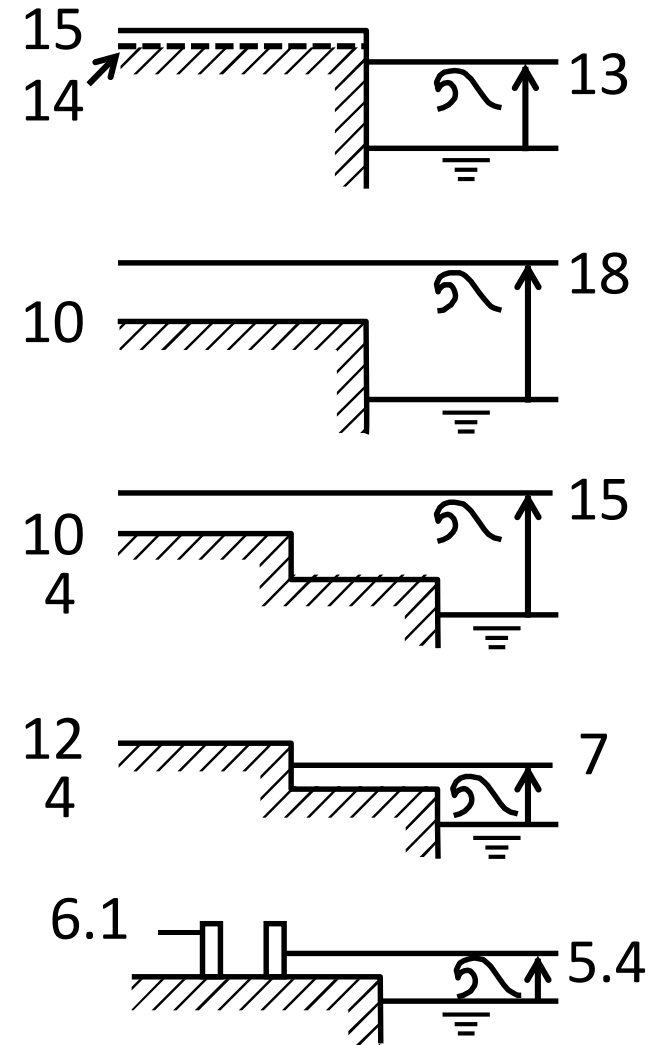
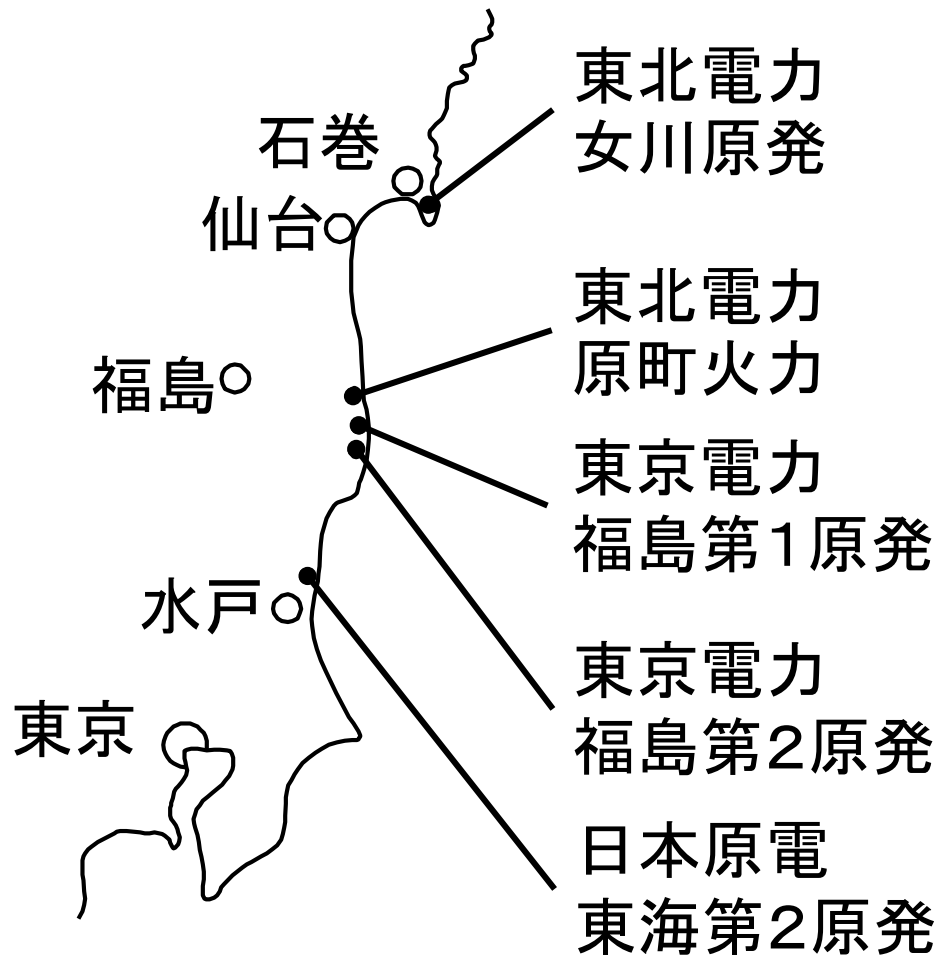
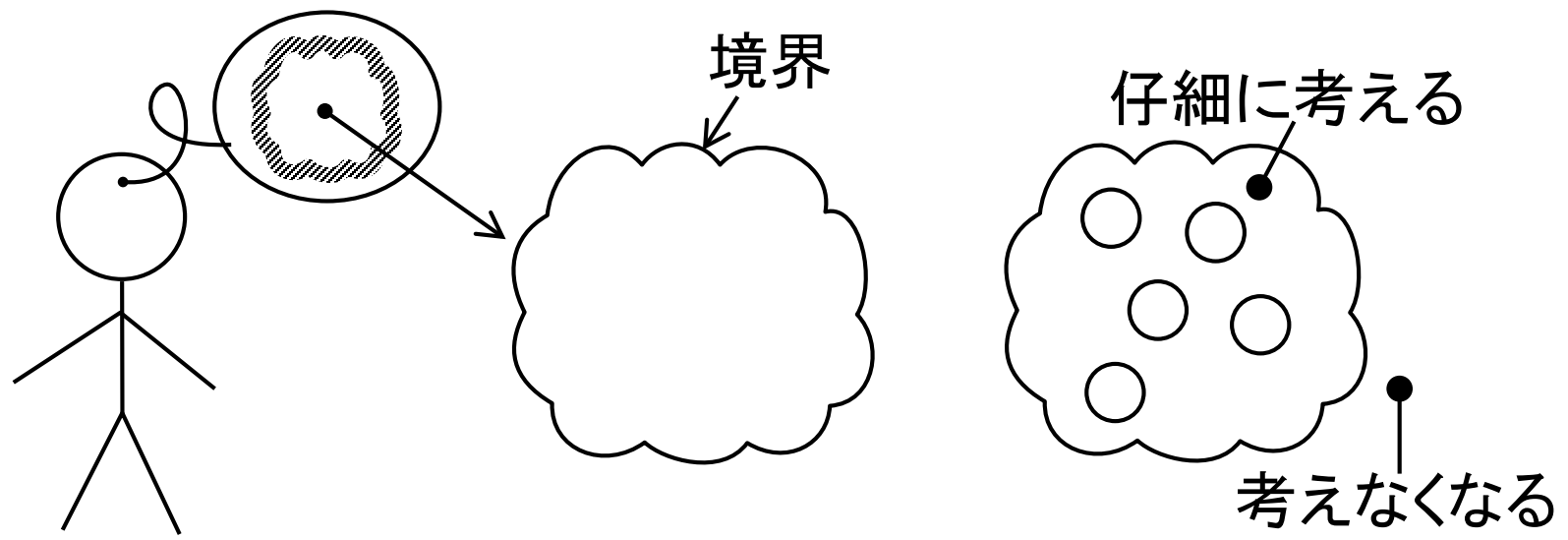


図 原発の敷地の高さ(海抜)と襲来した津波の高さ

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

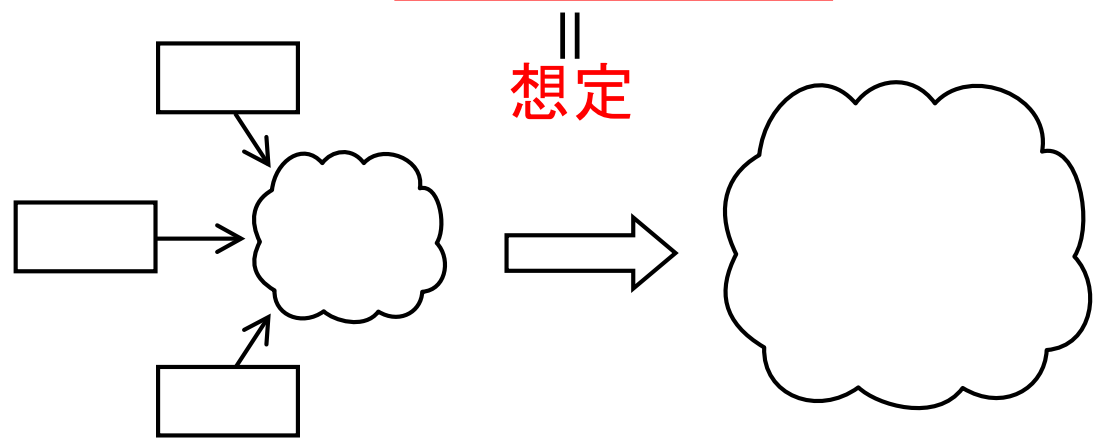
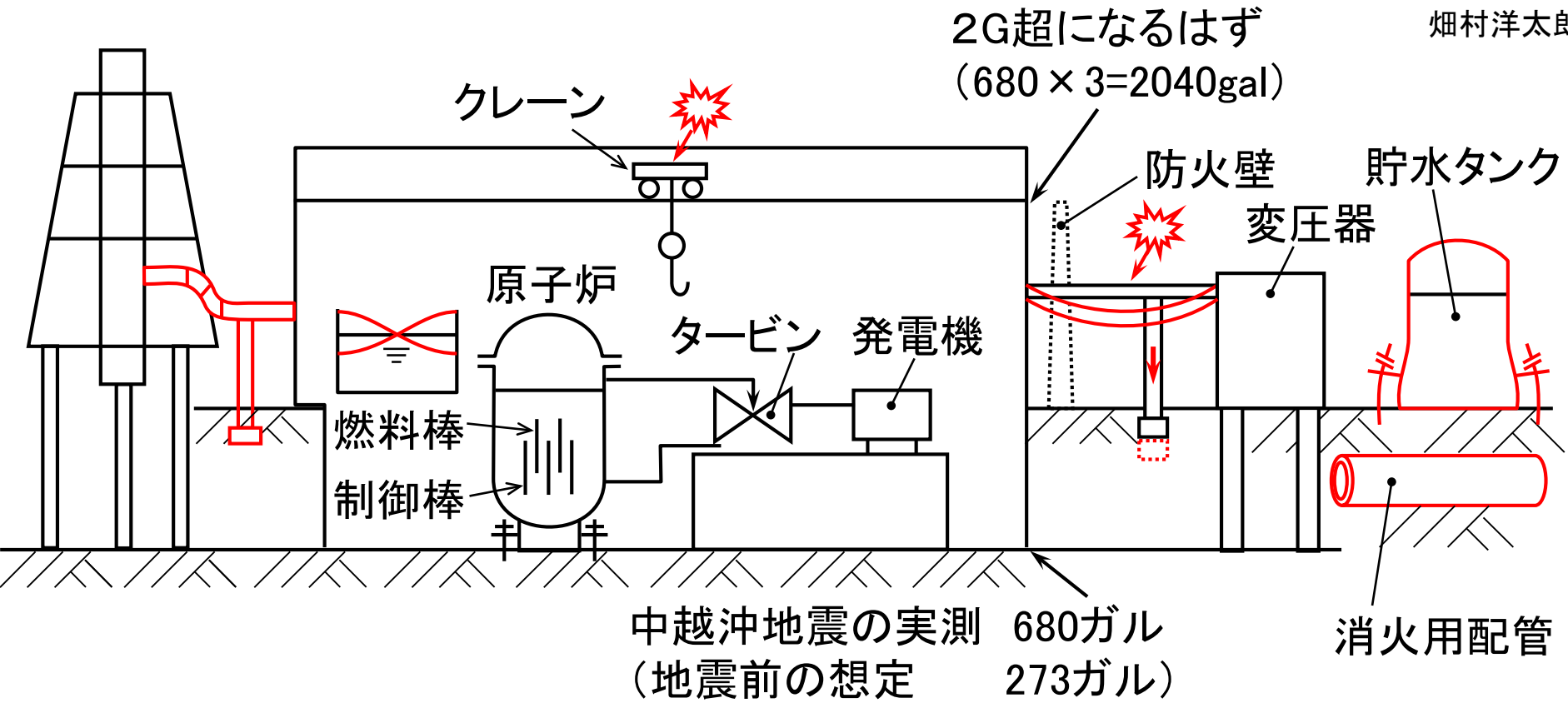


図 人間は範囲(境界)を決めないと考えられない



原子炉の安全の基本

- ・停止させることができる。
- ・冷却することができる。
- ・放射性物質が外に漏れない。

地震の来襲で起こったこと

- ・危ないと思ったものは壊れていない。
- ・重要と考えなかった所が壊れたため、全体として機能不全に陥っている。

図 新潟県中越沖地震(2007/7/16)による東電柏崎刈羽原発の被害

5.3 “フクシマ”に学び 今後に生かすべきこと

どこまで考え、準備するか

- {
あり得ることは起こる
あり得ないと思うことも起こる
思いつきもしないことも起こる
} と考える.
- 想定内事象についてはできる限り準備をする.
- {
想定外への備えを怠らない.
防災策だけでなく、減災策(被害拡大防止策)を考える.}
- 全ては変わると考え、変化に柔軟に対応できるように準備する.
- “見たくないものは見えない、見たいものが見える”という人間心理・特性を意識する.

あり得ることは起こる
あり得ないと思うことが起こる
思いつきもしないことさえ起こる

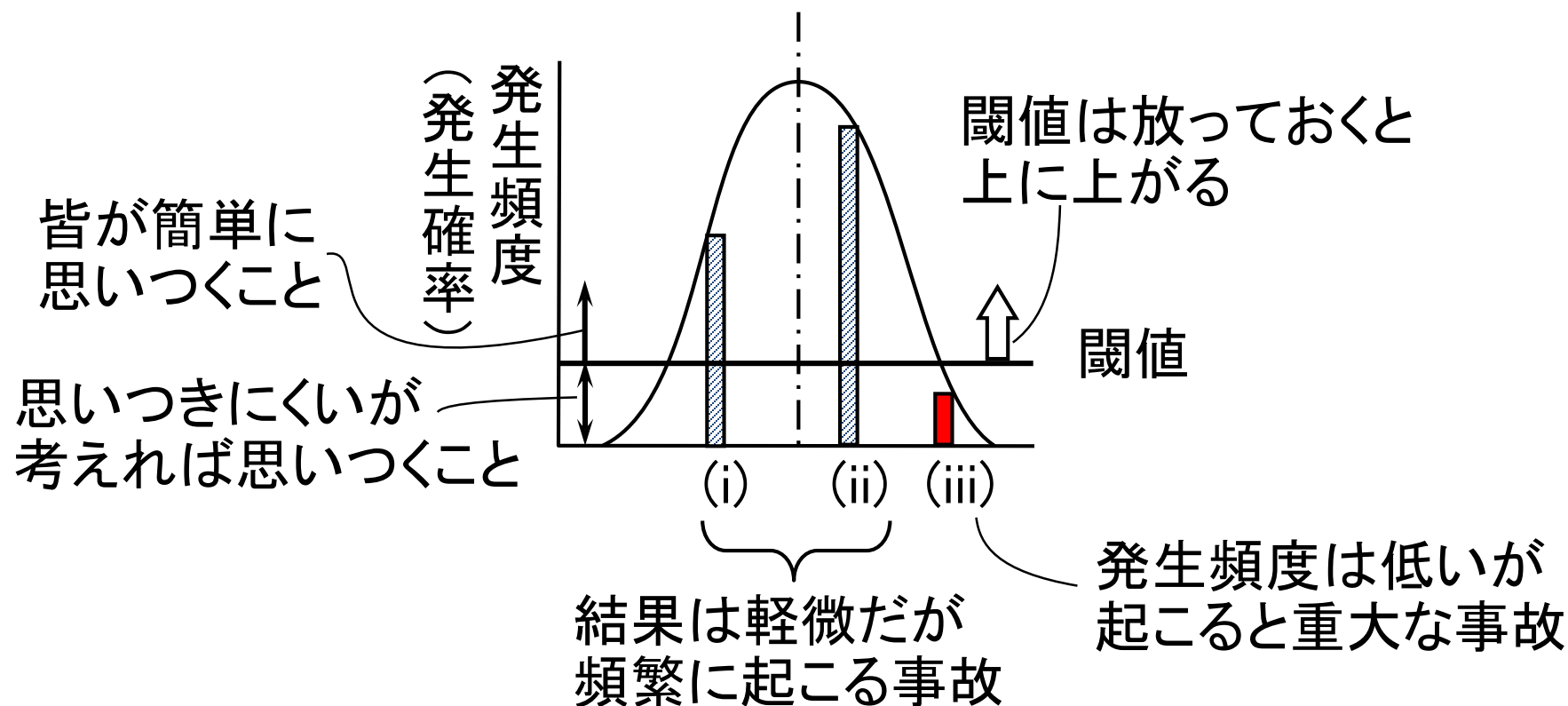
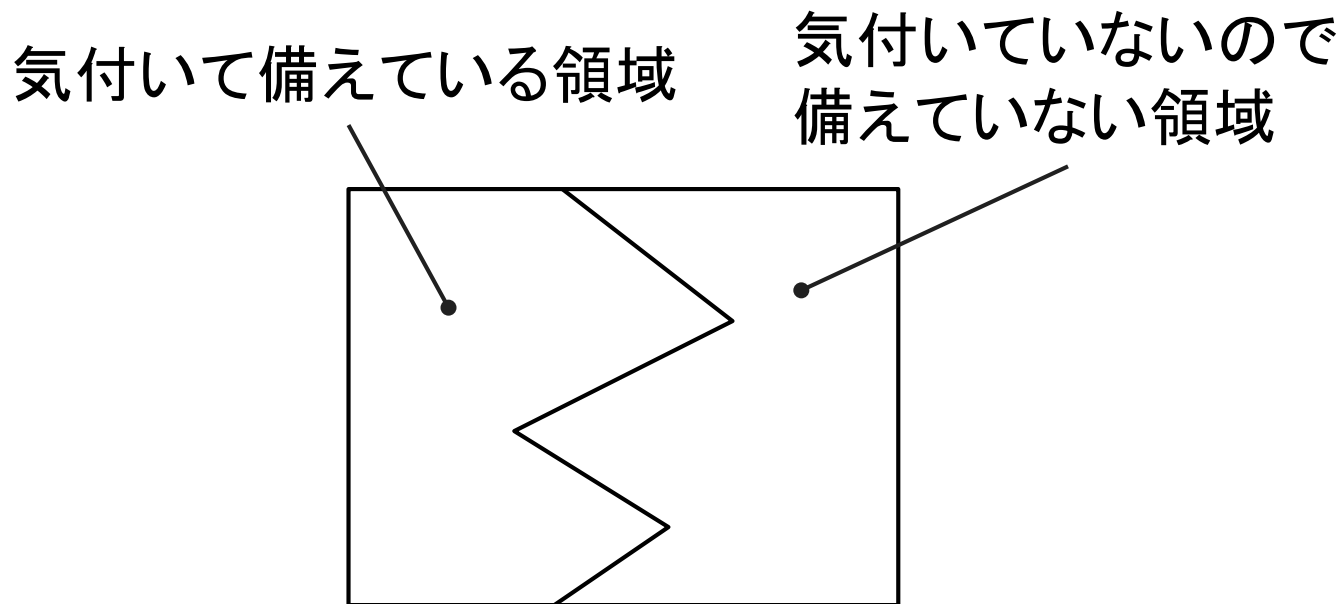


図 あり得ることは起こる

「絶対安全」はあり得ない



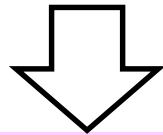
正しい対策

どんなに調べ・考えても**気付かない領域が残ることを想定して準備する。**

図 どんなに考えても気づかない領域が残る

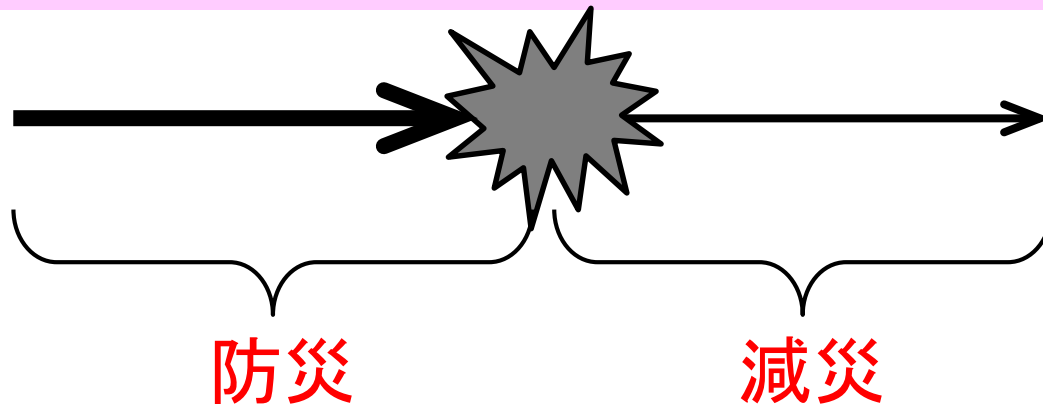
これまでの皆の考え方

事故を起こさないためにはどうするか(防災)のみを考え、事故が起こった後のことは考えなかった。



今後すべき考え方

あり得ることは起こる、即ち事故は起こると考え、事故が起こった後のことを考えて対応(減災)を準備する。



組織，文化，人のあり方を見直す

- 仕組み(組織，社会システム，技術システム)を作るときは考えの共有を図る。
組織の構成員全員がその仕組みが何を目的とし，社会から何を預託されているかについて十分自覚しなければ，全体としては所期の機能を果たせない。
- 危険に正対して議論できる文化の醸成が必要である。
危険の存在を認めなければ，危険を前提とした真に必要な防災・減災対策をとることができなくなる。
- 自分の目で見て自分の頭で考え，判断・行動する。
想定外の事故・災害に適切に対応するには自ら考えて事態に臨む姿勢と，柔軟かつ能動的な思考が必要である。

○ リスクに対する考えを持つ

対策費用と実害の関係

- 想定して対策を打つと実害は1/10
- 実害の1/10の費用で事故は防げる

例：東京電力の福島原発事故

- 東京電力の原子力発電所 合計16基
福島第1(6基), 福島第2(4基), 柏崎刈羽(6基)
全てを作り直す費用: 6.4兆円(4000億円/基 × 16)
- 福島原発事故処理費用見込み: 50兆円～80兆円

6. 失敗・危険の発現を防ぐために個人・組織として何をすべきか

— 自分で考える文化の構築 —

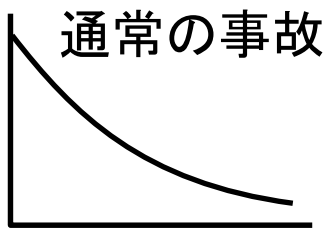
事故の発生数、
規模、損害額
(顕在化した
リスク)

〔事故の種類〕

〔発生の傾向〕

〔原因〕

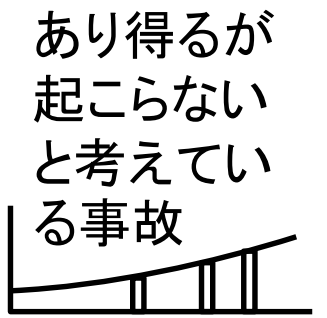
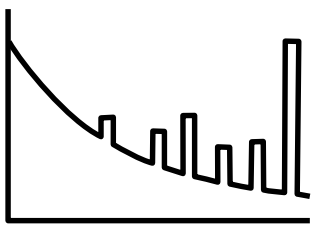
〔必要な
対策〕



不断の努力
で減少

従来の
分析通り

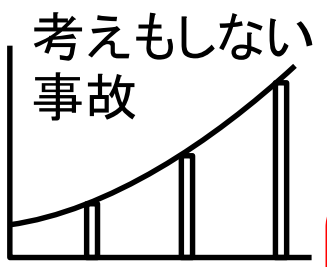
従来通り



“時々起こる”
が頻繁化

共有欠如
変化不対応
全体像欠如

個人の頭
組織文化
の根本的
改変



時々起こる
が損害は
甚大化

システムの
巨大・複雑化

想定不足
有事不対応

組織統治
組織文化
の根本的
改変

図 現在起こっている事故の分析とその対策
～考え方を根本的に変えないとひどいことになる～

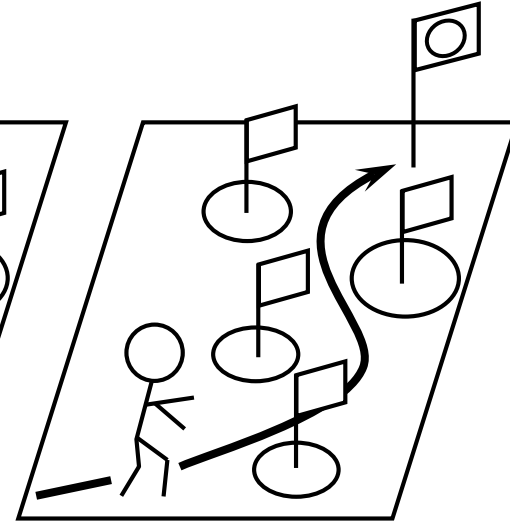
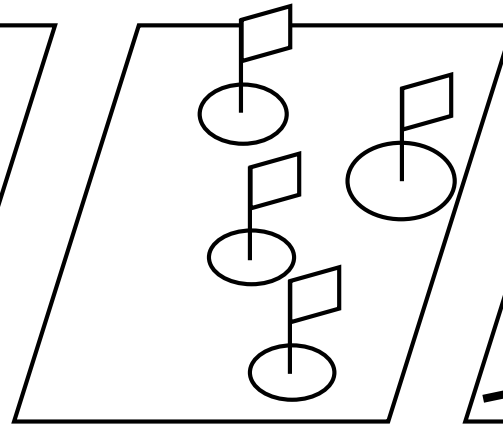
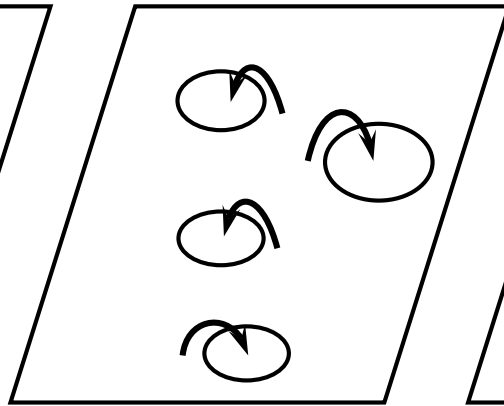
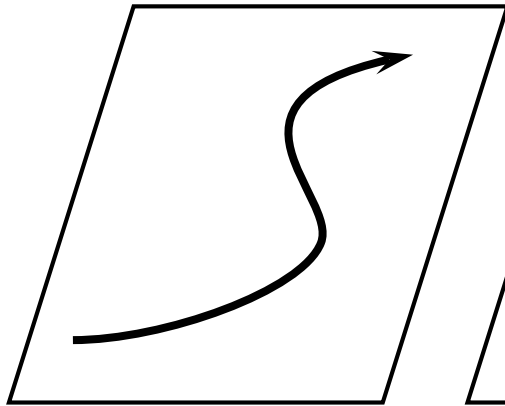
どうすれば危険が見えるか

① 従来手法
⇒外部基準

② 危険地図

③ 危険の旗

④ ゴールへの道
⇒内部基準



『どこを通れ』と
いうことだけが
書いてある。

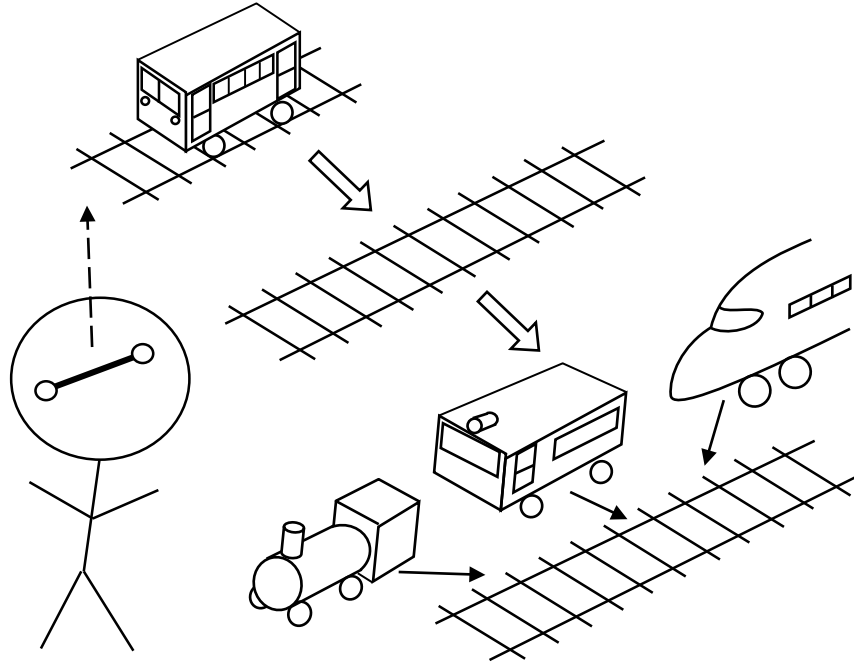
『どこにどんな危険
があるか』
『それはどのような
特性を持つか』
『どうすれば防げる
か』が書いてある。

『どこに危険が
あるか』の旗が
立っているので
遠くからわかる
(俯瞰できる)。

遠くから見て
『どこにどんな危険が
あるか』が示してある
ので、全体を見て
危なくないコースを
決定できる。

図 危険学の考え方 ～危険地図を作る～

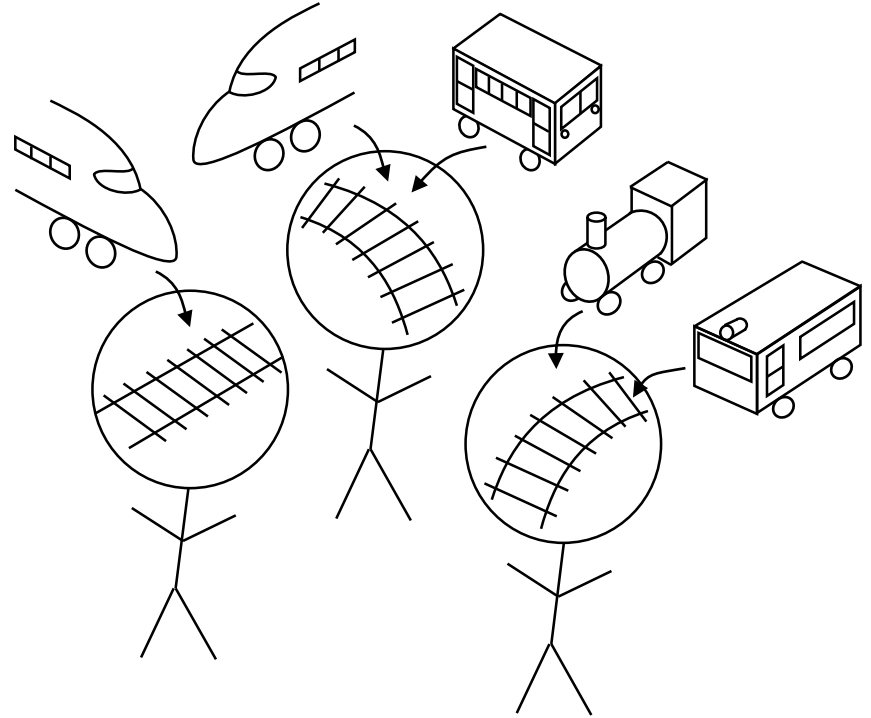
個の独立



自分で考えて全体を作り出す
と考える経路ができる。
いちど経路ができあがると、
どんな車両でも高速で走る
ことができる

(a) 個で考える

共有



それぞれの人の頭の中の線路に他の
人が提供した車両が同時に走っている
状態になる。
これが本当の共有

(b) 集団で共有する

図 個の独立—個で考え集団で共有する—

個の独立に必要なこと : 科学的知識の真の理解

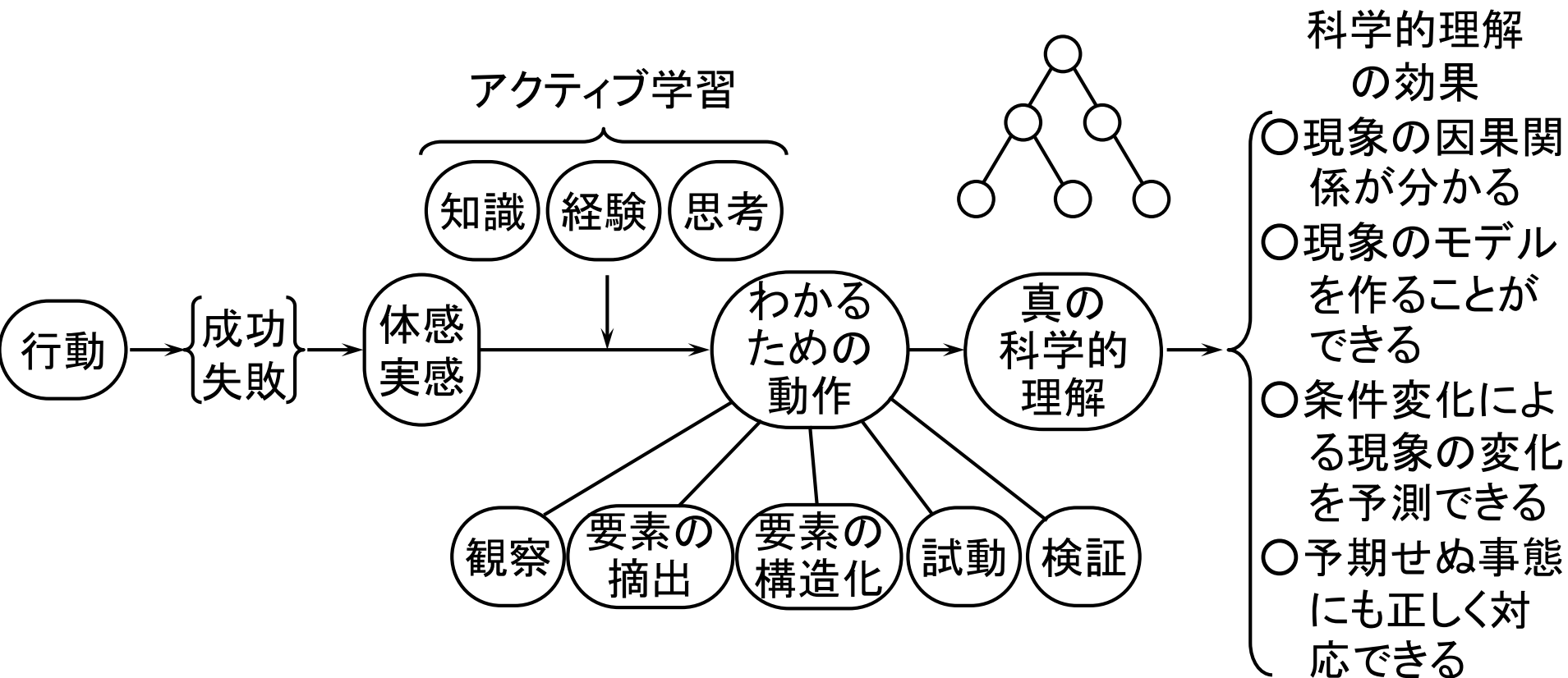


図 行動することによってのみ真の科学的理解が得られる
— 本質を見る目が真の科学的理解を作る —

個の独立に必要なこと

: 出力型学習による思考回路の形成

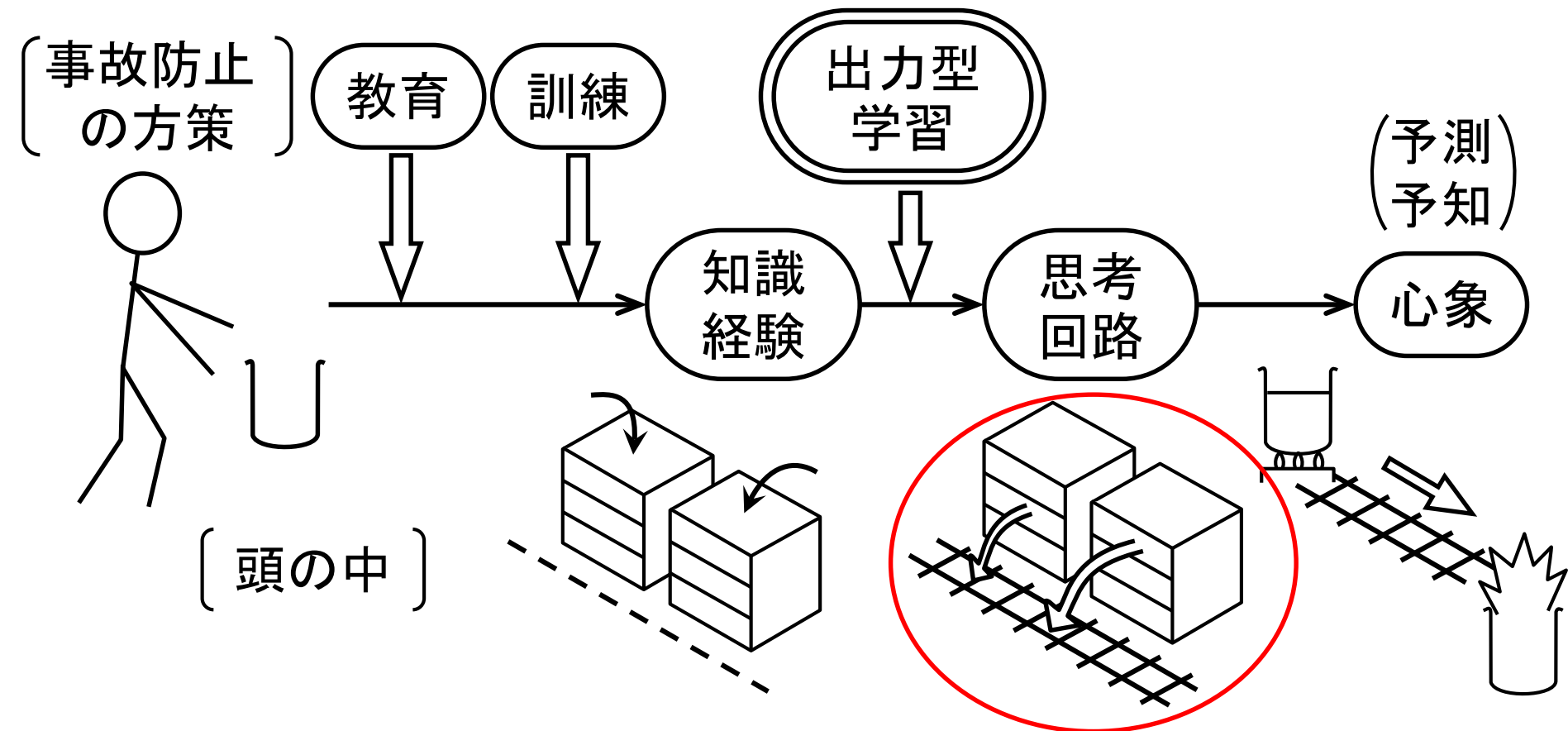


図 出力型学習の有効性
～出力型学習で頭の中に思考回路ができると、
次に起こることが自然に頭の中に湧いてくる～

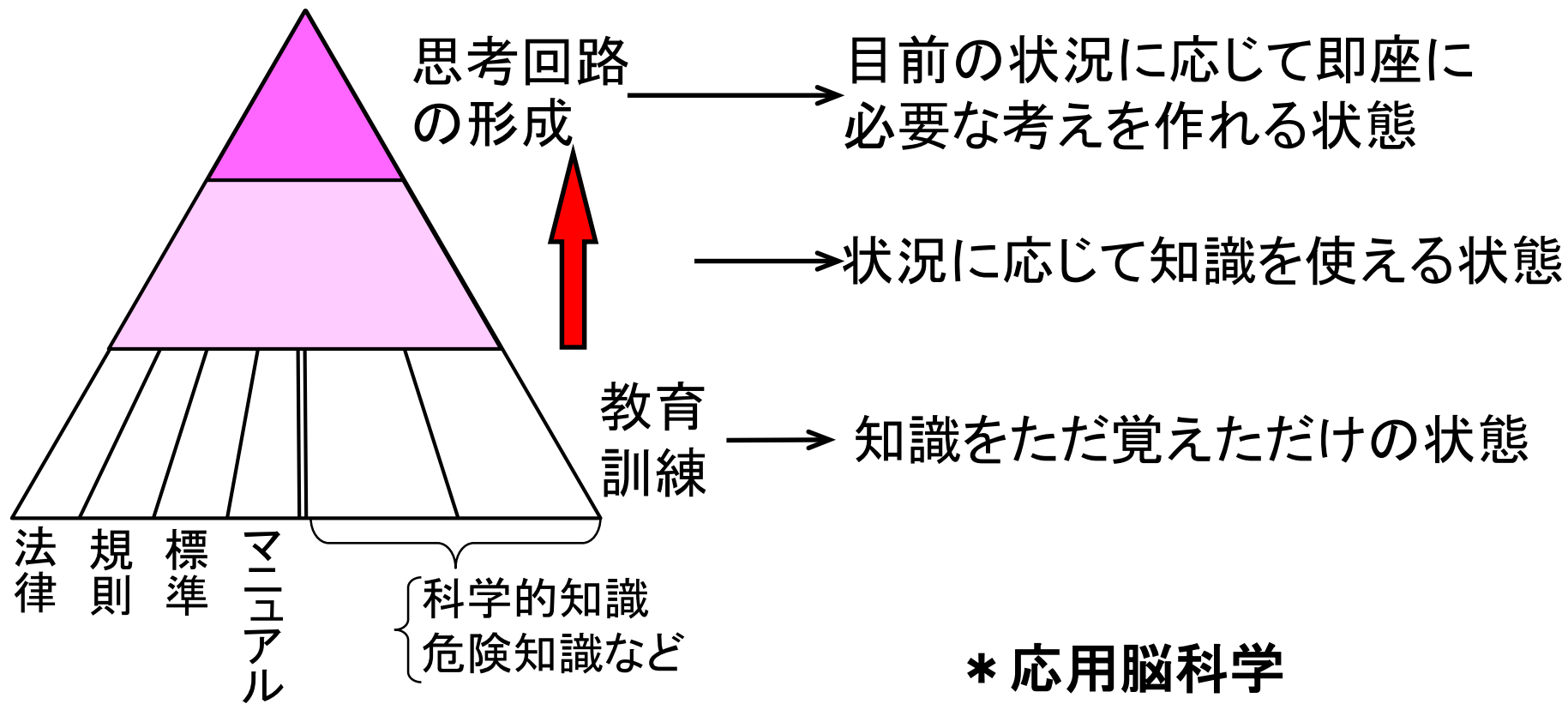


図 知識の獲得

共有を図る

価値
全体像
情報
知識
使命(意識や役割)
意図・目的

を全組織員が共有
できるようにする。

全体像を理解／把握する

- 全体を俯瞰し概要を掴む.
- 詳細(マクロの構造, ミクロの構造)を考える.
- メカニズムを考える.
- 定性的, 定量的に考える.
- 時間軸を入れ, 変化を考える.

主体的・能動的に行動できる 強い“個”になる

そのために必要な4つのことから

- 自分でみる(“3現”の実行)
- 自分の頭で考える
- 自分で決める
- 自分で行動する

* “3現”: 現地に行き, 現物を見て, その場にいた人に話を聞く.

強い個が全体像を共有すれば...

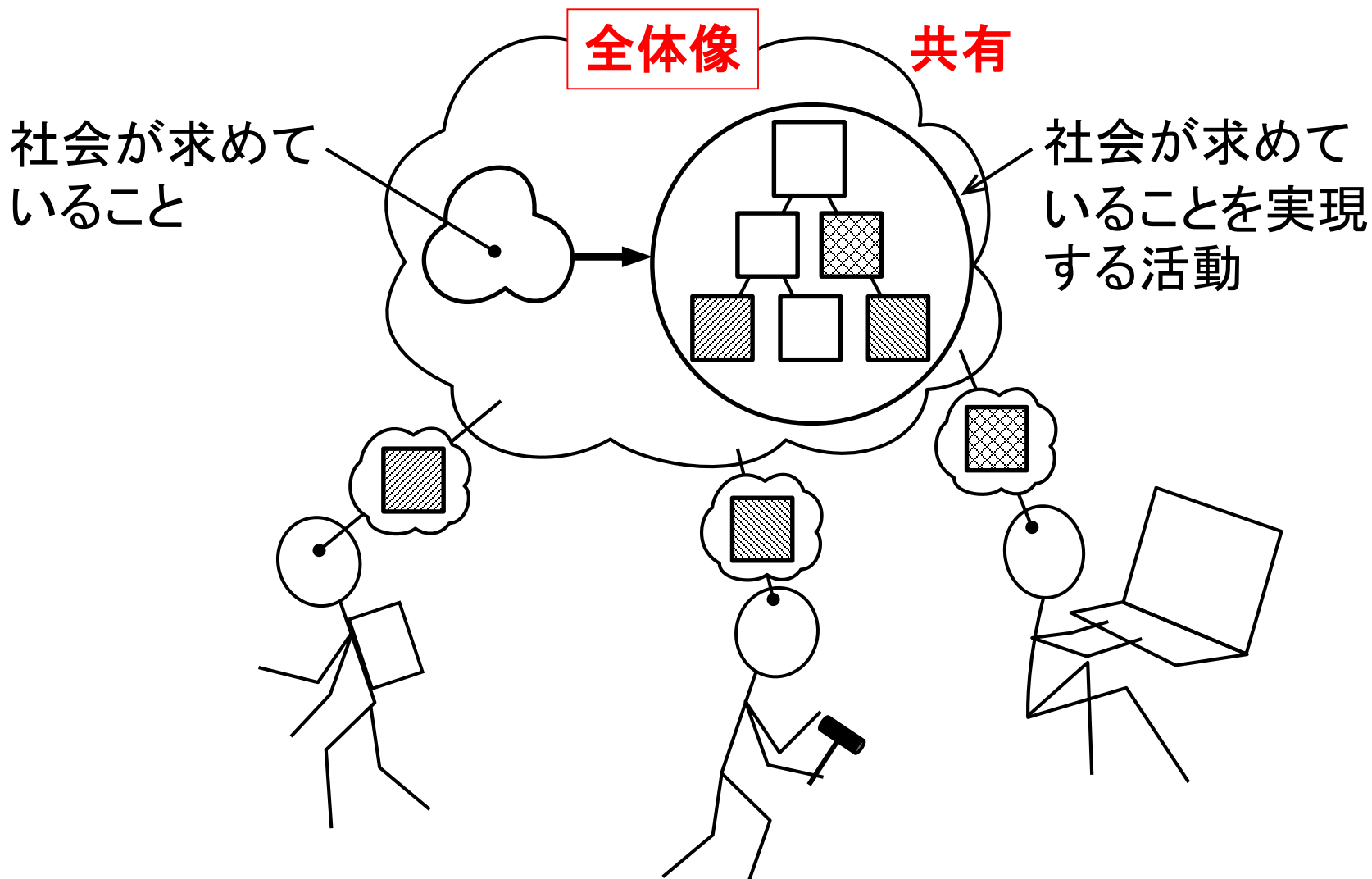


図 全体像を共有した個々人が独立して考えて動いても社会が求めるものが出来上がる

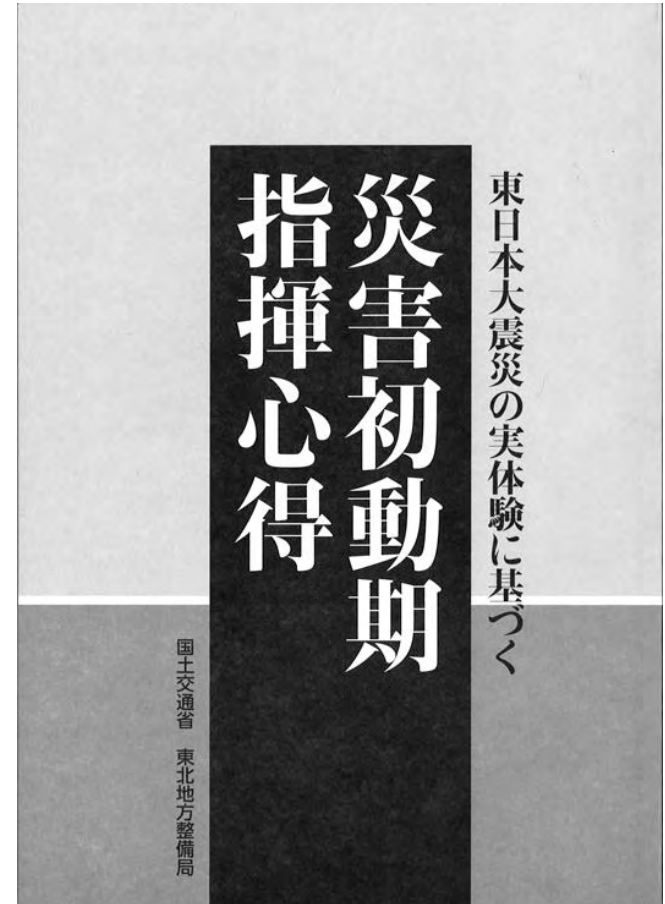
事故や災害を考える上でのキーワード (東日本大震災と福島原発事故で学んだこと)

- 共有
- 全体像
- 想定
- 気(文化, 雰囲気)
- 平時と有事
- 経験と過去
- 減災

「災害初動期指揮心得」

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。

全てに備えることはできない。
備え、しかる後にそれを超越し、
応用する。



(国交省東北地方整備局)

勉強会・講演会の実施

日時：2014年1月25日

講師：徳山日出男氏

(国交省元東北地方整備局長，現道路局長)