

NPO 法人臨床トンネル工学研究所 トンネル安全衛生勉強会

理事長特別小委員会 トンネル安全衛生小委員会
(2019年9月～2021年8月)活動報告書、令和3年8月

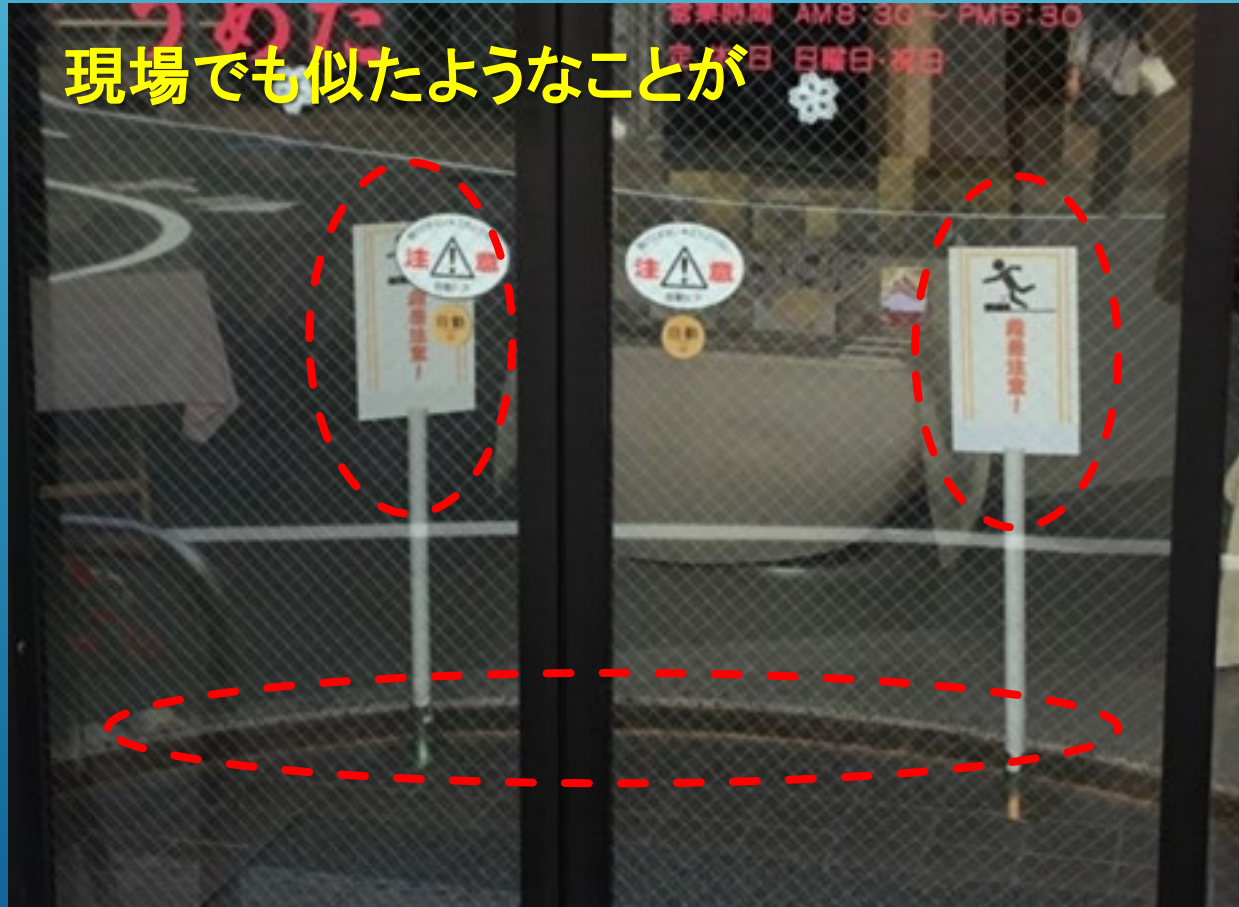
総論(1, 2, 3, 10, 12章)

設置直後に
COVID
飲み会をしない
安全な小委員会

安全は労働者の教育と日々の努力で実現する！ 看板・ポスターとスローガンとシュプレヒコール

自虐的
ですが

現場でも似たようなことが



標準積算の縛りで安全軽視



トンネル建設プロジェクトを立ち上げた時点で様々なリスクが発生するが、本小委員会では、建設に携わる全ての人の健康と生命に係るリスクを対象とする

(直接の議論の対象としない要素)

- ・地山の安定性確保に係る技術的要素(ルート選定、支保選定、補助工法、..)
- ・公共構造物としての共用時の安全性確保に係る要素

★合理的に実現可能な範囲(ALARP:As Low As Reasonably Practicable)でのリスク低減措置を主題とする。

優先順位1. 設計や計画の段階における措置 ⇒ 本質的安全設計

優先順位2. 工学的対策 ⇒ 安全防護

優先順位3. 管理的対策 ⇒ 使用上の情報の提供

優先順位4. 個人用保護具の使用

英国建設規則(土木学会安全問題研究委員会H28報告書に詳しい)

★論点をCDM2015(The Construction (Design and Management) Regulations 2015)の役割と責務の規定に準拠する。

・発注者の役割と責務:建設プロジェクトに係る適切な経費および工期の提供

・設計者の役割と責務:建設プロジェクトに係る予測可能なリスクをできる限り除去、残留リスクの情報共有

・施工者の役割と責務:施工における残留リスクを合理的に実施可能な範囲内で除去または低減

建設における安全衛生の現状

これを言い訳に
してきた感あり

- ①目的物の規模・形態がさまざまな一品生産
- ②作業環境や目的物の状態が日々変化
- ③不均質な材料をさまざまな自然環境下で扱うという不確実性の高い作業
- ④従事者が不特定になることが多く、一貫した対策や教育が取りにくい
- ⑤工事着手前の詳細なRAは事実上困難で、着工時は形式のみの災害防止計画

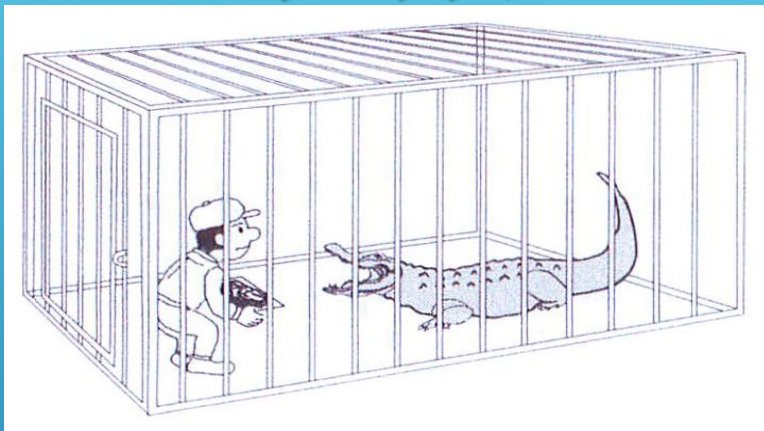


- ☆再発防止という対症療法に陥りやすい。
- ☆再発防止策もほぼ定型化（監視、人員配置、施工計画改訂など）。
- ☆HEに帰着させてしまう傾向が強いが、根本原因は異なる場合が多い。



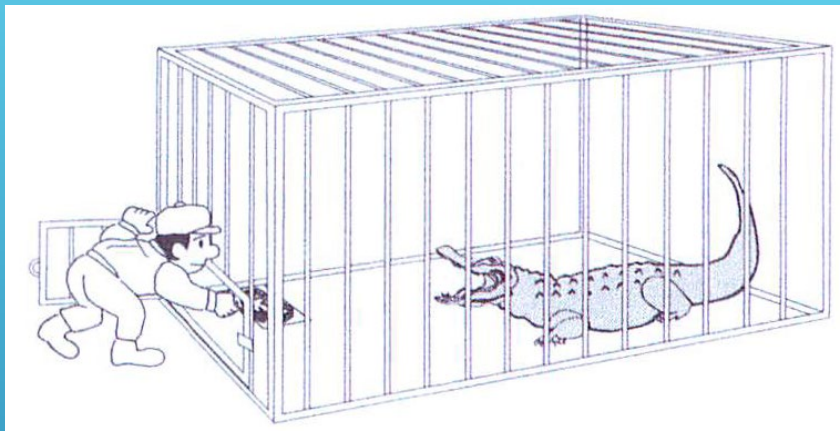
- ☆より良い安全環境を構築する具体的方法を考えてみよう
⇒ 再発防止から未然防止への転換

リスク大



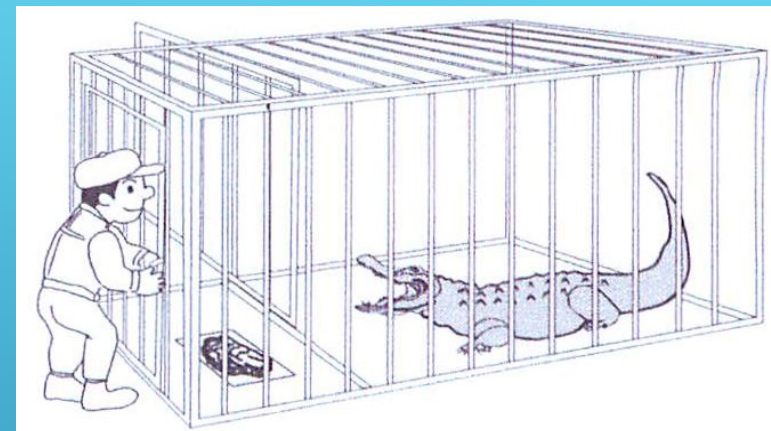
〈ワニの檻に入って餌を与えている状況〉

リスク中



〈ワニの檻に餌を与える専用入口を付け、そこから餌を与えている状況〉

リスク小



〈ワニの檻に餌を与える専用檻を付け、餌を与えている状況〉

思考の基本

・**リスク**: 危害(身体的傷害・健康障害)は**ハザード**(危険源)と人との係わりで生じ、その程度が決定される。

・人はハザードにはなりえず、**ヒューマンエラー**は原因ではなく結果である。
(災害の原因がヒューマンエラーであったという報告はありえない)

After Kikkawai

ハザード&環境(物理的、組織的、...) & 人間行動⇒リスクの大きさ



200~300ルクス程度の照明下で明暗部が存在するH5m×W10m×L15m程度の狭い空間に複数のハザード(切羽、施工機械、運搬車両、資材)が存在し、複数の人がハザードと近接して作業する。作業騒音により、作業者同士の意思疎通が不確実になる。また、視認性の悪さや死角等により、相互の位置関係が認識できない場合がある。

提 案

安全衛生を一つの技術分野（例えば、安全工学という捉え方）と考えると、より良い安全環境を構築する具体的方法を考えてみてもは如何だろうか？ RAやリスク低減技術の考察がスツキリ

$$R = P_{ro} * S_{er} \quad P_{ro} = Distance(B, H) \quad S_{er} = Strength(B, H) \quad B = f(P, E)$$

R : 危害の発生確率と危害のひどさの組合せ(Risk)

Pro: 危害の発生確率(Probability)

Ser: 危害のひどさ(Seriousness)

B : 人の行動(Behavior)

P : 人の性格、個性、人格、価値観(Personality)

E : 周囲の状況、組織、人間関係、文化・風土(Environment)

H : 危害を引き起こす潜在的危険源(Hazard)

たぶん掛
け算だと
思うのだ
が...

リスクアセスメント

安衛法上の
努力義務

▶ リスクアセスメント

- ①ハザードの特定 (ISO: 同定)
 - ②リスクの見積り: 予想される**危害の大きさ**と、その**発生確率**を明確にすること
 - ③リスクの評価 : リスク見積り結果に基づき(**許容可能か否か等**)判断すること
- ▶ RAは**事業の企画段階から調査、設計、施工、供用、維持管理の全期間に渡って一貫して実施**されなければならないこと
 - ▶ **人はハザードにはなりえず、ヒューマンエラーは原因ではなく結果であること**(災害の原因がヒューマンエラーであったという報告はありえない)
 - ▶ **いかなる対策をとってもリスクはゼロにならないこと**(残留リスク)

RAをしるとは言うが

社会が求めるレベルのRAは
事実上でき(てい)ない

☆建設現場では機械と人が気象・環境と目的物・仮設物の形状変化の中で自由に動き、それら状況変化の中でハザードが発生・移動・消滅し、それに伴ってリスクの程度も時々刻々と変化する。

☆建設現場は複数の業者が共有するため、情報伝達や意思決定の過程での別次元での新たなリスクを生じる場合がある。



建設現場では刻々と変化する現場の状況に応じてリスク評価の更新と確認が必要。

(1) 着工前(施工計画段階)のRA

各工種とその施工段階において一般的に想定されるハザードとリスク規模の想定およびその対応策を列挙し、施工計画に反映する。安全設備への投資等を含めた効果の見える対策を取ることが可能である反面、比較的小さなハザードまで浮き彫りにすることは困難で、実際の現場状況や作業員の資質・健康状態等に依存したリスク評価は施工段階に送ることとなる。

(2) 施工段階のRA(実質的に日々行うことのできるRAに準ずる手段)

朝夕礼と安全ミーティング(KY、TBM、ヒヤリハット報告)が日々のRAに準ずる手段となる。ただし、以下の課題を有する。(厳密には、RAの情報収集手段)

・KYではその日の作業で起こりえるリスクを想定(想像)して、取るべき安全行動を想定する。ハザード認定もリスク評価も参加者の認識レベルの範囲に限定され、また参加者の経験・感性に依存する。とるべき安全行動も直接・限定的な行動規制等に留まり、根本的な対策とすることは難しい。

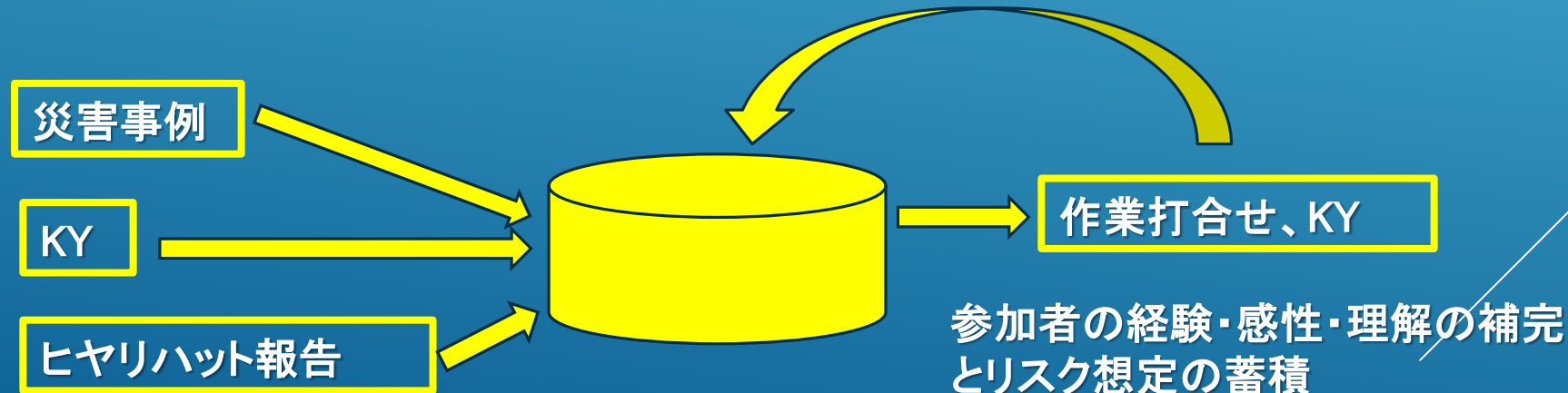
・ヒヤリハット報告は重要な安全管理情報であり、適切に分析・保存・活用されなければならないが、ほとんどの場合に、反省・様式記入・保管で終わってしまう。

DBの構築による安全ソリューション

- ① MetaMoJi、大林組、安衛研：安全AIソリューション
 - ・先行試用企業を募集中、2023年度提供開始予定
- ② 鹿島建設、UNAIIT：K-SAFE
 - ・K-SAFEベータ版モニタを募集中
- ③ 戸田建設：ヒヤリポ
 - ・iPhone、Androidアプリを公開・利用可

これ以外にもあ
るようです

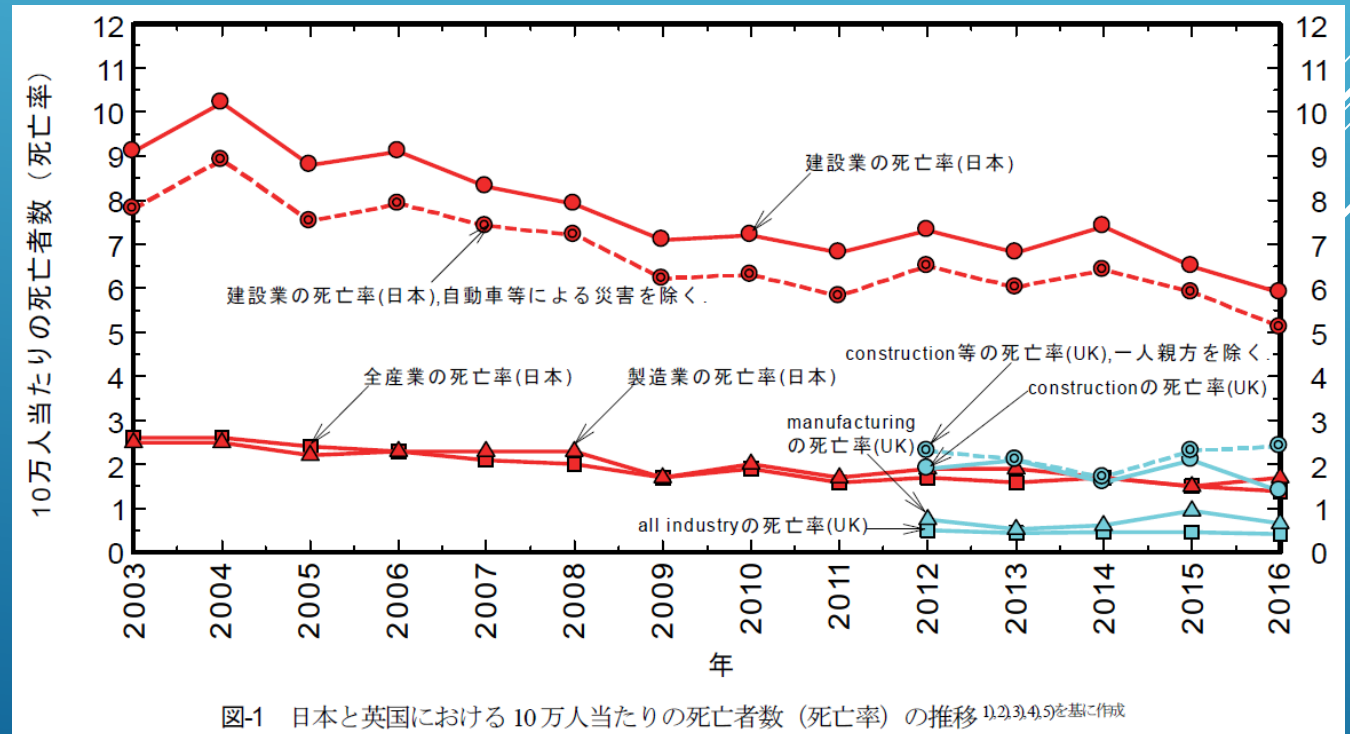
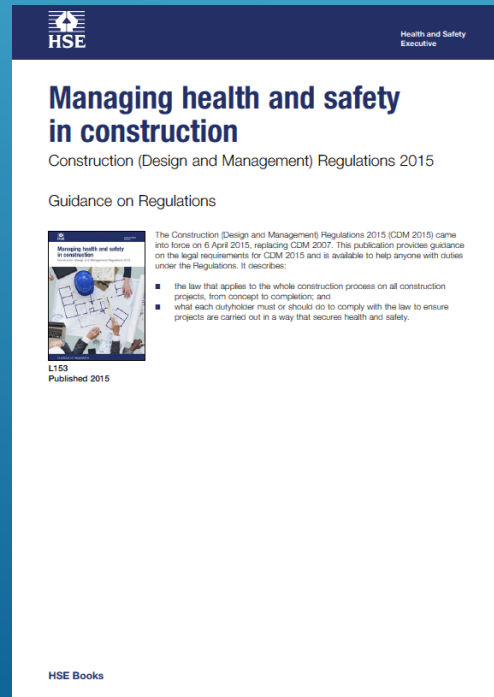
☆安全ソリューションがトンネル規模や施工者の経済力に係らず現場実装できる
こと ⇒ 安全設備としての標準化、公的機関による無償利用許諾等



先進諸外国での取組

▪ Managing health and safety in construction / Construction (Design and Management) Regulations 2015, Health and Safety Executive, UK

▪ The Workplace Safety and Health Council, The Ministry of Manpower: Workplace Safety and Health Guidelines / Design for Safety, August 2016, Singapore



VISION ZERO戦略: 国際社会保障協会 (ISSA) 2017

働く人のSafety・Health・Wellbeingの実現を目指す7つのゴールデnrール

1. リーダーシップをとり、コミットメントを示す。【トップコミットメント】
2. 危険源を同定し、リスクをコントロールする。【安全技術】
3. ターゲットを定めてプログラムを作成する。【安全技術】
4. 労働安全衛生体系を整備する。【マネジメントシステム】
5. 機械、設備、作業エリアの労働安全衛生を確保する。
【マネジメントシステム】
6. 従業員の資格を向上し、能力を開発する。【人材育成・資格化】
7. 人材に投資し、参加を通じてやる気高める。【人材育成・資格化】





職務能力の向上(学
習・教育)、人間関
係含む業務や環境
改善、等々
希望・幸福・満足..

Wellbeingとは、身体的・精神的・社会的に良好な状態にあることを意味する概念で、「幸福」と翻訳されることも多い。そして、その状態が安全・衛生にフィードバックされる。

行動分析学からもリスク低減(ヒューマンエラー)への貢献大

2016.12「建設工事従事者の安全及び健康の確保の推進に関する法律」

▶【基本理念(抜粋)】

- ▶ a)建設工事の請負契約において適正な請負代金の額、工期等が定められること
- ▶ b)建設工事従事者の安全及び健康の確保に必要な措置が、設計、施工等の各段階において適切に講ぜられること
- ▶ c)建設工事従事者の安全及び健康に関する意識を高めることにより、安全で衛生的な作業の遂行が図られること

▶【国等の責務において実施すべき基本的施策(抜粋)】

- ▶ a)建設工事の請負契約における経費の適切かつ明確な積算、明示及び支払の促進
- ▶ d)建設工事の現場の安全性の点検、分析、評価等に係る取組の促進
- ▶ e)建設工事従事者の安全に配慮した設計、建設工事の安全な実施に資するとともに省力化・生産性向上にも配慮した材料・資機材・施工方法の開発・普及の促進

小委員会からの主な提言

☆安全衛生に係るトップコミットメント

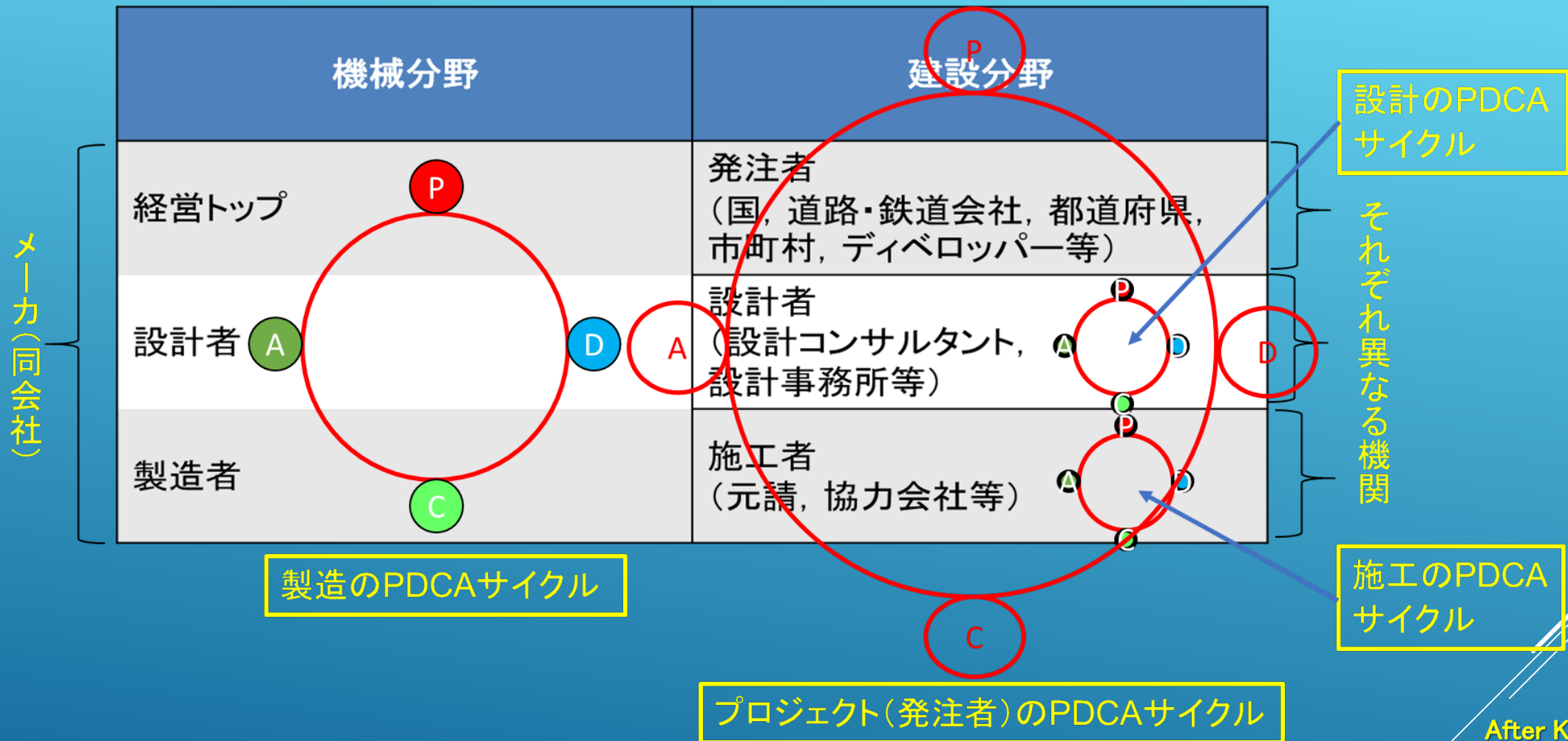
☆調査・設計段階からの本質的安全設計導入

☆施工段階でのリスクアセスメント最適化

☆安全工学に基づいた取り組み

- ・施工機械の遠隔操作、自動化
- ・支援的保護システム
- ・行動分析学の応用

安全衛生に係るリーダーシップとトップコミットメント



- ・建設事業全体に渡るリスクアセスメントの実施者は発注者であり、発注者は安全衛生に係るリーダーシップを取り、明確なトップコミットメントを示さなければならない。
- ・建設事業においては各段階の主構成機関による階層的リーダーシップが必要

After Kikkawa 2019
added by Suzuki

▶ ①設計段階からの安全衛生への取組

(地質評価主任者と安全設計照査およびリスク登録票の継承と安全設計)

▶ ②スリーステップメソッドの適用

▶ ③ヒューマンファクター分析(HFACS)の適用

▶ ④設計段階での安全対策(安全設計例)

▶ ⑤施工段階での安全対策(工学的対策、管理的対策、支援的保護システムの提言)

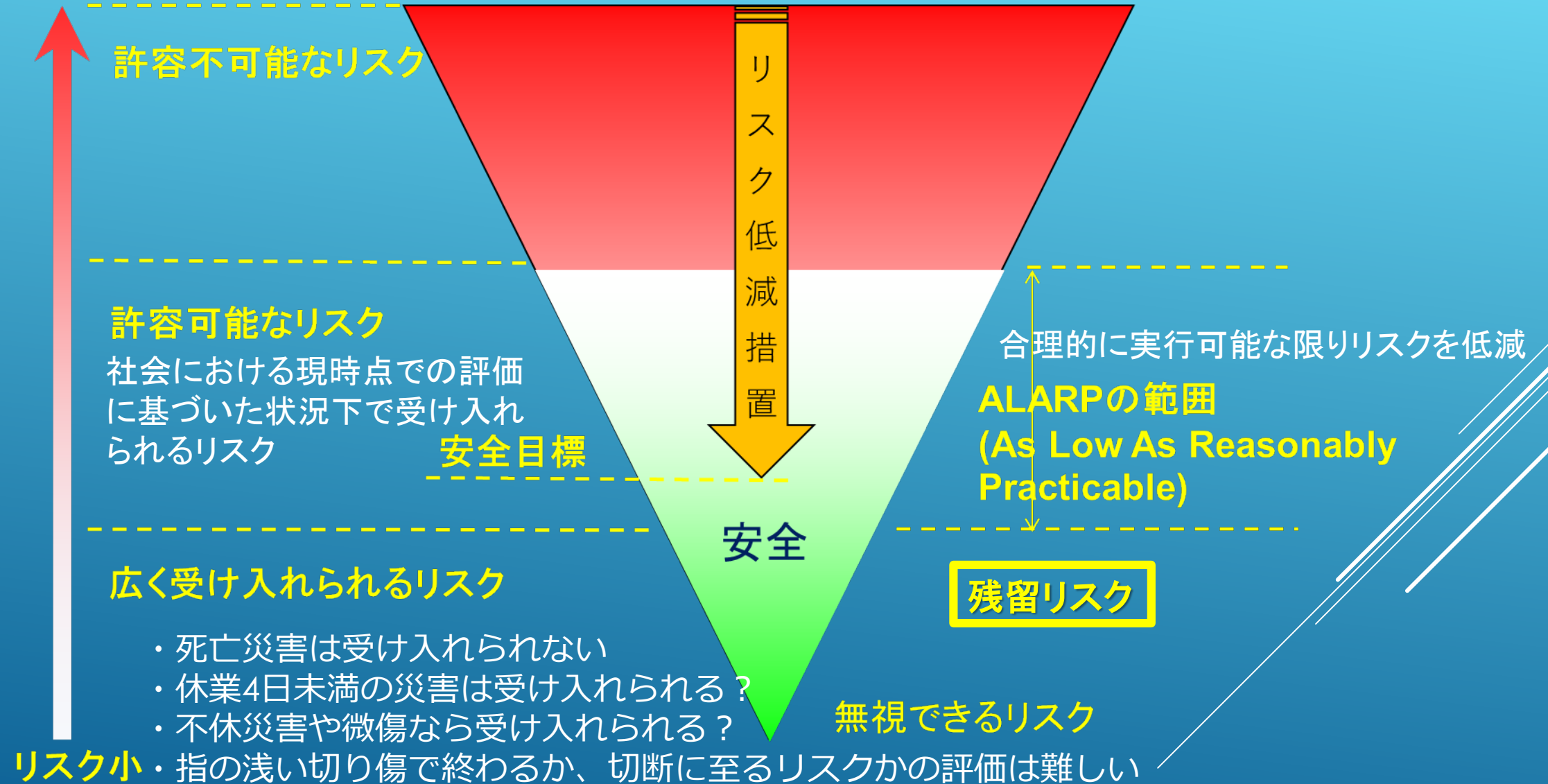
▶ ⑥設計段階での安全対策費(安全設計を除く)の個別計上の提言

▶ ⑦労働災害を対象とした設計変更を可能にする契約の提言

▶ ⑧肌落ち防止ガイドラインの適切な運用

リスク大

安全の定義とリスクアセスメント



スリーステップメソッドに基づくリスク除去又は低減措置の具体例



本質的安全設計

工学的対策

管理的対策

個人用保護具

ここからスタートしがち

After Kikkawa added by Suzuki

リスクアセスメント(ハザード同定・リスク見積もり)

ヒューマンファクター分析
による災害要因分析



リスクの階層的制御(スリーステップメソッド)

大

高

Elimination

(Physically remove the risk)
物理的なリスクの除去

本質的安全設計
危険作業の廃止、
より安全な施工
方法・材料の採用など

Substitution

(Replace the hazard)
工法の変更等

安全設計事例(坑口法面、加
背割り、工事用仮設道路、
他)

Engineering Controls

(Protect people from the hazard)
工学的対策

工学的対策
ガード、インターロッ
ク、安全装置など

遠隔操作、無人化、
機械自動停止、他

Administrative Controls

(Change the way
people work)
管理的対策

管理的対策
マニュアル、立入禁止
措置、教育訓練など

AR・VR、ICT情報
機器、坑内環境整備、コミュニケー
ション・ツール、職
務能力向上、他

PPE
(personal Protective
Equipment)
個人用保護具

個人用保護具

リスク低減措置の優先順位

・地質評価主任者
・安全設計照査
・安全衛生チェックリスト
・リスク登録票の作成と継承
・安全対策費の個別計上
(照明設備、坑内wi-fi、他)

・合理的に実装可能な新技
術の標準設計化
・労働災害を対象とした設計
変更を可能にする契約

・支援的保護システム

・行動分析学に基づく環境
整備と不安全行動の自然な
抑制

小

低

After Kikkawa added by Suzuki

リスクの大きさ

安全衛生への取り組みプロセスの提案

建設事業全体に渡るリスクアセスメントの実施者は発注者

段階	建設			供用・維持管理	
	調査	=	設計		⇒
主体的リスク管理者	①発注者				
	②地質調査会社 ・主任技術者	=	③設計会社 ・管理技術者 ・ <u>照査技術者</u> ・ <u>地質評価主任者</u>	⇒	
リスク登録票の継承					

設計会社の業務は増えてますが、適正な代価を

▶ **地質評価主任者** 地質技術顧問(全地連、国交省)、H19全地連:地質リスクに関する調査・研究

地質調査報告書を照査し、地質調査段階で特定された地質に係るリスクを、諸条件が確定(変更含む)された設計段階で再評価する。また、設計段階で新たに特定された地質に係るリスクを評価するとともに、リスク低減方策を設計者と協力して検討する。

▶ **照査技術者** Principal Designer(CDM):設計段階での安全衛生の照査と対策の検討

役割に安全設計照査を加える。設計者、地質評価主任者と協力し、予見されるハザードの検出、検出されたハザードの除去およびリスクの低減方策の検討ならびにリスク登録票の記載と確認を担う。

設計時 リスク登録表

プロジェクト名称		〇〇トンネル新設工事				設計データ					
地質調査会社		〇〇調査会社				・ 〇〇トンネル地質調査報告書 ・ 〇〇道路予備設計報告書					
設計会社		〇〇コンサルタント									
レビュー実施日		〇〇年〇〇月〇〇日 実施段階 (初期 中期 最終)									
番号	設計上の課題	リスク	リスク アセスメント			設計対応策 (リスク低減策)	設計段階での 検討レベル	残存リスク		申し送り 伝達事項	報告書 該当箇所
			重大性	可能性	優先度			重大性	可能性		
例	No. 〇〇～〇〇 多量湧水が想定さ れる	地山崩落	高	中	高	水抜きボーリング	設計済み	低	低		P.** 図面**/*
例		路盤の泥濘化	中	高	低	設計対応不可	未設計	中	高	施工時に考慮が必要	-
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											

これを調査から竣工ま
で引き継ぎます

安全衛生チェックリスト(案)

	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> 坑口部および周辺地山の地滑りや斜面災害の有無・可能性が適切に評価されているか？<input type="checkbox"/> 小土被り部の地質が適切かつ十分に調査されているか？<input type="checkbox"/> 地下水位、被圧地下水、帯水層、難透水層等が適切かつ十分に調査されているか？<input type="checkbox"/> 未固結地山、膨張性地山、山はねが生じる地山等の特殊地山が想定される場合に、必要な調査・試験の実施および情報伝達がなされているか？<input type="checkbox"/> 高い地熱、温泉、可燃性ガス発生等の可能性が確認されているか？<input type="checkbox"/> 坑口付近における異常出水及びそれに伴う法面崩壊・損壊の可能性が検討されているか？<input type="checkbox"/> 蛇紋石や角閃石等アスベストの有無に関して、必要な調査・試験の実施および情報伝達が行われているか？	
用地	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> 掘進方向は上り勾配になっているか？ 否の場合、上り勾配とする余地は無いのか？<input type="checkbox"/> 仮設ヤードの用地は、設備配置や車両運行等において安全が確保できる必要最小限の面積が確保されているか？<input type="checkbox"/> 仮設ヤードの用地は、台風・地震等による災害を避けられる安全な場所であるか？<input type="checkbox"/> 仮設ヤード内の工事用道路は安全な勾配と線形が確保できるか？<input type="checkbox"/> 進入路は安全が確保できる幅員と勾配が確保できているか？	
設計	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> 弾性波速度のみならず類似地山での施工実績等を総合的に判断した支保パターン選定となっているか？<input type="checkbox"/> 支保パターンの選定における不確実性の評価が行われているか？<input type="checkbox"/> 補助ベンチ付き全断面掘削工法の場合の切羽安定性は適切に評価されているか？<input type="checkbox"/> ショート・ロングベンチ掘削工法でのベンチ長と機械編成、上下半盤の移動に関する安全性が評価されているか？	

設計段階で
使用します

設計段階での安全対策費(安全設計を除く)の個別計上の提言

☆当初設計において標準化が望まれる設備として、Wi-Fi設備と推奨照度が確保できる坑内照明設備を提案。

☆自動化・遠隔化等による安全設備で、標準的に使用可能なレベルに達し、一般的に許容できる範囲の価格が実現された技術については、標準設備として当初設計に積極的に盛り込むことを提案。

技術提案の課題
にしないで！
本末転倒です！

労働災害を対象とした設計変更を可能にする契約

工事請負契約書第18条(条件変更等)に該当

- ・設計図書に誤謬又は脱漏がある場合(第18条第1項の二)。
- ・設計図書の表示が明確でない場合(第18条第1項の三)。
- ・設計図書に示された自然的又は人為的な施工条件と実際の工事現場が一致しない場合(第18条第1項の四)。
- ・設計図書で明示されていない施工条件について予期することのできない特別な状態が生じた場合(第18条第1項の五)。

第18条の追加条文(変更)案

条件変更を伴わない場合にあつて、また設計図書に対して適切な作業計画にあつても災害リスクの顕在化が予測される場合。ここで、災害リスクとは労働災害と公衆災害を含むものとする。



建設に係わった全ての人を、来た時と同じかそれ以上に心身健康な状態で家族のもとに帰るのがエンジニアの責務である。 ご安全に！！！！