

ファシリティのレジリエンス

～天井の地震対策から考える、ファシリティの機能継続～

関山 雄介
大成建設株式会社
ライフサイクルケア推進部
FM推進室

**東北地方太平洋沖地震を始めとする
過去の地震で、天井や設備機器等の
被災事例が発生した。**

T A I S E I

東日本震災によるファシリティの損傷・機能停止

非構造部材の落下が相次ぐ

	地域	最大震度	主な被害
宮城県	栗原市	7	RC造4階建ての市役所で天井パネルの落下
	仙台市	6強	天井パネルや外壁の落下、新耐震基準の集合住宅で雑壁のせん断破壊
茨城県	日立市	6強	旧耐震の建物で天井のブレースが破断
	那珂市	6強	耐震補強したRC造とS造のEXP.Jでパネル落下、塔屋の曲げ破壊
	つくば市	6弱	耐震ブレースの降伏
栃木県	那須烏山市	6弱	在来住宅で柱の折損、外壁の落下
	下野市	5強	中学校で天井材や照明が落下
	小山市	5強	石蔵の壁が崩壊
群馬県	伊勢崎市	5弱	RC造の煙突が崩落
	藤岡市	4	S造の煙突が崩落
埼玉県	上尾市	5弱	S造体育館で屋根の一部が落下
東京都	足立区、台東区	5強	S造建物の外装材が脱落
	千代田区	5強	ホールの天井落下で死傷者
神奈川県	横浜市	5強	大規模な天井の落下1棟、天井の落下、タイルのひび割れ、ガラスや瓦の破損
	川崎市	5強	大規模な天井落下2棟
	茅ヶ崎市	5弱	天井パネルの落下2棟
	大和市	5弱	外壁に亀裂、ガラスの破損、天井材の損傷など
	海老名市	5弱	テニスコートの屋根が損傷、EXP.Jの損傷
	座間市	5弱	EXP.Jの損傷
	綾瀬市	5弱	瓦やナイター設備の落下、ガラスの破損など

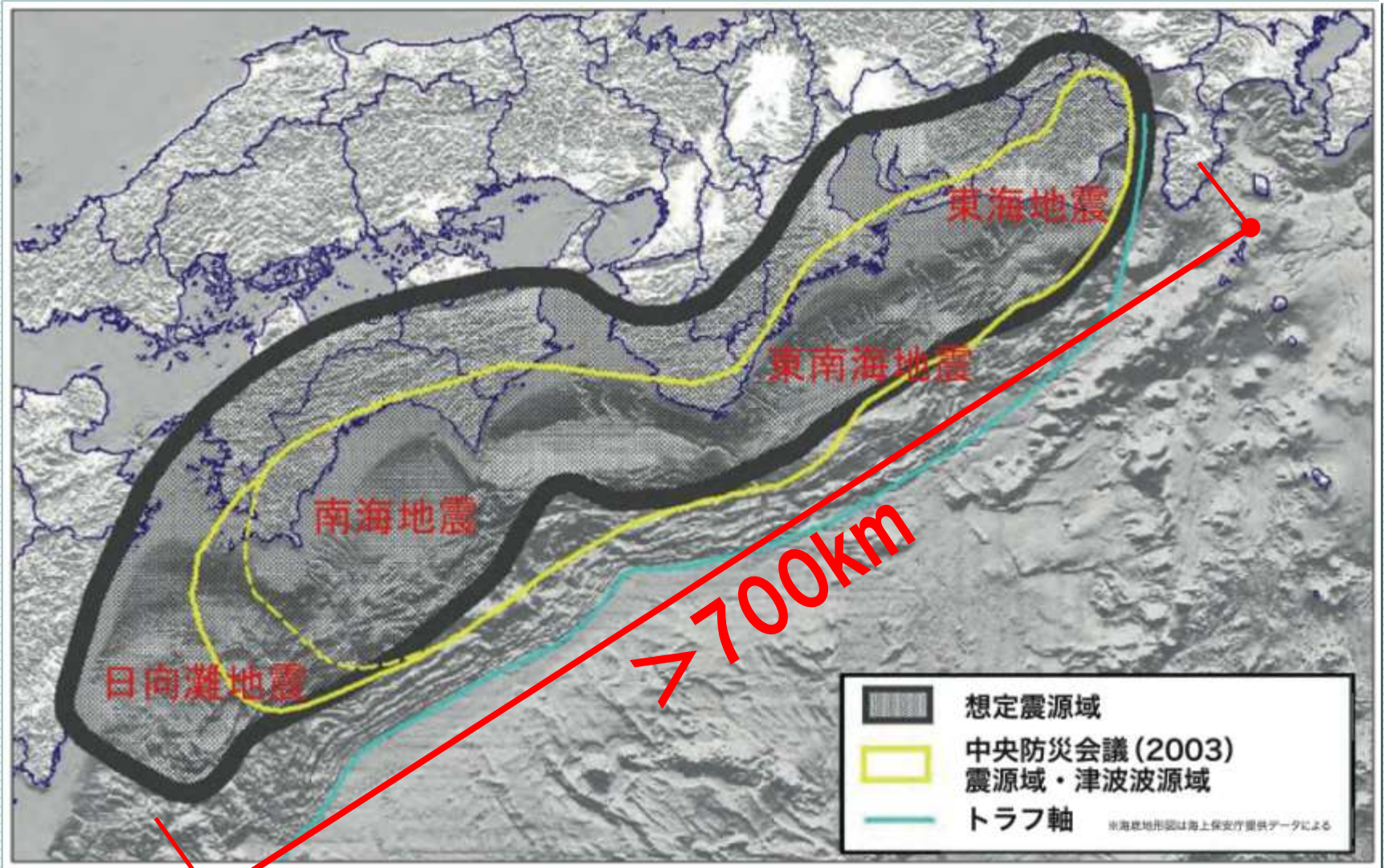


学会の報告書を基に、非構造部材の被害をまとめた(左)。震度7を記録した宮城県栗原市役所(上)でも、天井の落下や柱のタイルのはく落にとどまる。構造体の顕著な被害は報告されていない(写真:東北大学)

出典：日経アーキテクチュア

出典：気象庁

	調査地点	震度	震度4以上を 観測した時間(※)
東日本大震災 2011年3月11日 M9.0	五戸町古館	5強	約180秒
	盛岡市山王町(盛岡地方気象台)	5強	約160秒
	大船渡市大船渡町(大船渡特別地域気象観測所)	6弱	約160秒
	石巻市泉町(石巻特別地域気象観測所)	6弱	約160秒
	仙台宮城野区五輪(仙台管区気象台)	6弱	約170秒
	福島市松木町(福島地方気象台)	5強	約150秒
	白河市郭内(白河特別地域気象観測所)	5強	約140秒
	いわき市小名浜(小名浜特別地域気象観測所)	6弱	約190秒
	水戸市金町(水戸地方気象台)	6弱	約130秒
	宇都宮市明保野町(宇都宮地方気象台)	5強	約120秒
	久喜市下早見	5強	約120秒
	千葉市中央区中央港(千葉特別地域気象観測所)	5強	約130秒
	東京千代田区大手町(気象庁)	5強	約130秒
横浜中区山手町(横浜地方気象台)	5強	約130秒	
十勝沖地震 2003年9月26日 M8.0	浦見町潮見	6弱	約70秒
岩手・宮城内陸地震 2008年6月14日 M7.2	栗原市栗駒	6弱	約50秒



建築基準法施工令等が改正。

「特定天井」の場合、耐震性を確保。

既存天井は「落下防止措置」でも良い。

学校、工場、市民ホール、病院、オフィスなど用途を問わず天井の地震対策の問い合わせが多い

2011年	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）
2012年	建築物における天井脱落対策試案 パブリックコメント
2013年	建築基準法施行令及び関連省令の一部改正案 安全上重要である天井及び天井の構造耐力上安全な 構造方法を定める件等を制定・一部改正する告示案 パブリックコメント
5月	上記改正政令、告示等の公布
9月	技術資料の公表（10月改訂）
2014年 4月頃	改正政令、告示等の施行（予定）

建築物における天井脱落対策に係る技術基準の
解説

平成25年9月

国土交通省国土技術政策総合研究所
独立行政法人建築研究所
一般社団法人新・建築士制度普及協会

技術的基準の解説書 公表

<令39条 改正前>

(屋根ふき材等の緊結)

第39条 屋根ふき材、内装材、外装材、帳壁その他これらに類する建築物の部分及び広告塔、装飾塔その他建築物の屋外に取り付けるものは、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によつて脱落しないようにしなければならない。

2 屋根ふき材、外装材及び屋外に面する帳壁の構造は、構造耐力上安全なものとして国土交通大臣が定めた構造方法を用いるものとしなければならない。

改正前においても、天井（内装材）について「脱落しないようにしなければならない」と明記されていたが、構造方法に関する詳細な基準が定められていなかった。



<令39条 改正後>

第三十九条の条見出し中「の緊結」を削る。

第三十九条の次に次の二項を加える。

3 特定天井（脱落によつて重大な危害を生ずるおそれがあるものとして国土交通大臣が定める天井をいう。以下同じ。）の構造は、構造耐力上安全なものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。

4 特定天井で特に腐食、腐朽その他の劣化のおそれのあるものには、腐食、腐朽その他の劣化しにくい材料又は有効なさび止め、防腐その他の劣化防止のための措置をした材料を使用しなければならない。

<令81条 改正前>

第八十一条 法第二十条第一号 の政令で定める基準は、次のとおりとする。

- 一 荷重及び外力によつて建築物の各部分に連続的に生ずる力及び変形を把握すること。
- 二 前号の規定により把握した力及び変形が当該建築物の各部分の耐力及び変形限度を超えないことを確かめること。
- 三 屋根ふき材、外装材及び屋外に面する帳壁が、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃に対して構造耐力上安全であることを確かめること。
- 四 前三号に掲げるもののほか、建築物が構造耐力上安全であることを確かめるために必要なものとして国土交通大臣が定める基準に適合すること。



<令81条 改正後>

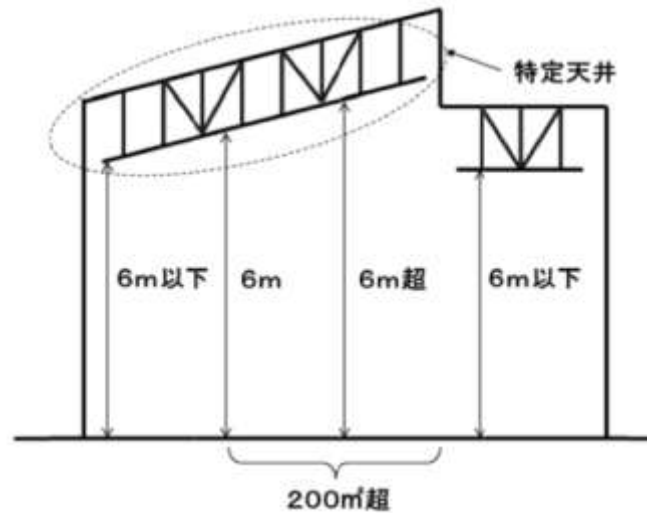
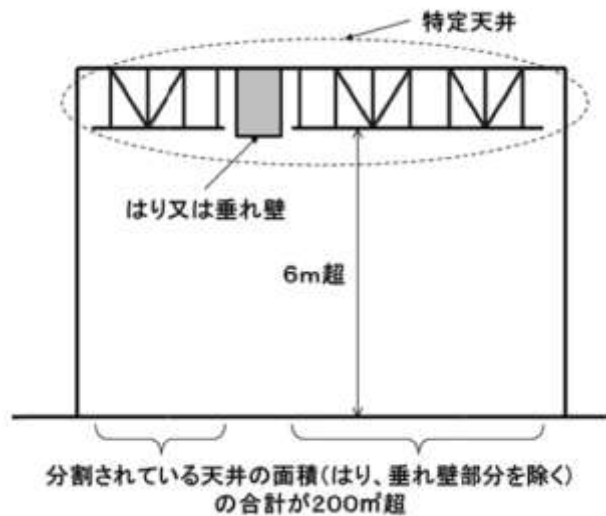
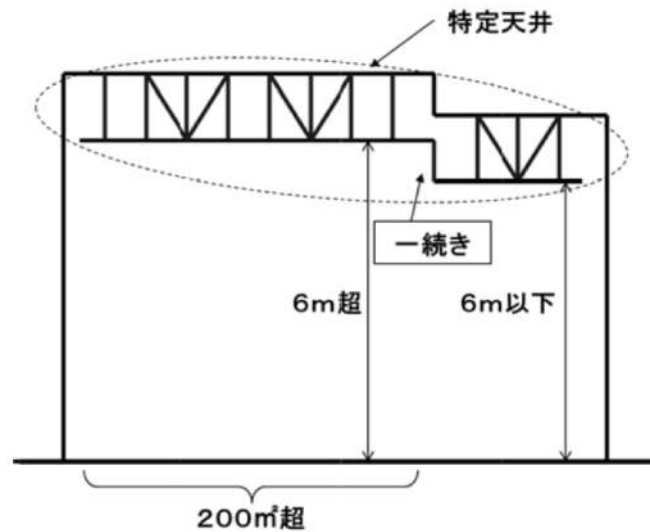
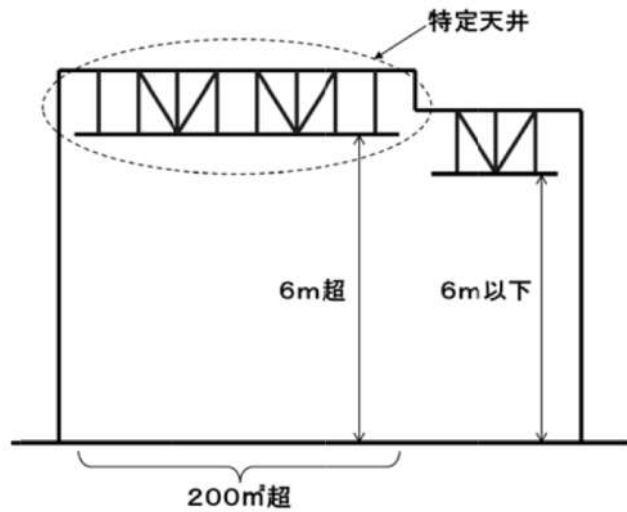
第八十一条第一項第三号中「屋根ふき材」の下に「、特定天井」を加える。

軒天といった屋外空間に設ける天井であっても『**特定天井**』の対象であり、その場合風圧力についても考慮した設計にしなければならない。

特定天井：以下のすべてに該当するもの

- ①吊天井
- ②居室、廊下その他の、人が日常立ち入る場所に設けられるもの
- ③高さが6mを超える天井の部分で、その水平投影面積が 200m^2 を超える
- ④天井面構成部材等の単位面積質量 $\geq 2\text{kg}/\text{m}^2$

天井面構成部材等には、『天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生ずる力を負担させるもの』を含む



(P.16~20 抜粋・引用)

天井脱落対策の対象となる天井と検証ルート

新築建築物等

既存建築物

特定天井(脱落によって重大な危害を生ずるおそれがある天井)
 (6m超の高さにある、面積200㎡超、質量2kg/㎡超の吊り天井で
 人が日常利用する場所に設置されているもの)

※その他の天井

- 吊り天井以外の天井
- 人に重大な危害を与えるおそれの低いもの。
 - ・高さ6m以下
 - ・面積200㎡以下
 - ・天井の質量が2kg/㎡以下
- 人に危害を与えるおそれがない場所に設置されているもの。
 - ・居室、廊下その他の人が日常利用する場所に設けられるもの以外の天井

(設計者の判断により安全を確保)

○以下のいずれかのルートを適用し検証。

中地震で天井が損傷しないことを検証
 (これにより、中地震を超える一定の地震においても脱落の低減を図る。)

仕様ルート

耐震性等を考慮した天井の仕様に適合することで検証
 (天井の質量2kg/㎡超20kg/㎡以下)

計算ルート

天井の耐震性等を告示で定める計算で検証

大臣認定ルート

構造躯体の特性を時刻歴応答解析で検証する建築物について天井の耐震性等を検証

水平方向の地震力に対し斜め部材等を配置し、周辺にクリアランスを確保

その他の方法によるもの
 ・仕様ルート・計算ルートの追加(告示)により対応を検討

複雑な天井等仕様ルート及び計算ルートに適合しない天井の耐震性等を、実験及び数値計算で検証

既存の天井

○新築時の基準または
 落下防止措置

- 天井が損傷しても落下しないような措置がなされているもの
 - ・ネットの設置
 - ・天井をワイヤー等で吊る構造

※増改築時に適用できる基準として位置付け

(P.8 引用)

なお、天井脱落対策に係る技術基準としては・・・
現在の技術的知見では、大地震時における構造躯体
に吊られている天井の性状を明らかにすることは困
難であるため、今回の技術基準については、天井の
性状をある程度想定することが可能な稀な地震動の
発生時（中地震時）において天井の損傷を防止する
ことにより、中地震を超える一定の地震時において
も天井の脱落の低減を図ることを目標として検討が
なされている。

（P.7 引用）

今回の法改正に限らず、
従業員の安全と重要業務の継続の観点から、
構造体・非構造部材の地震リスク対策を可能な限り実施。

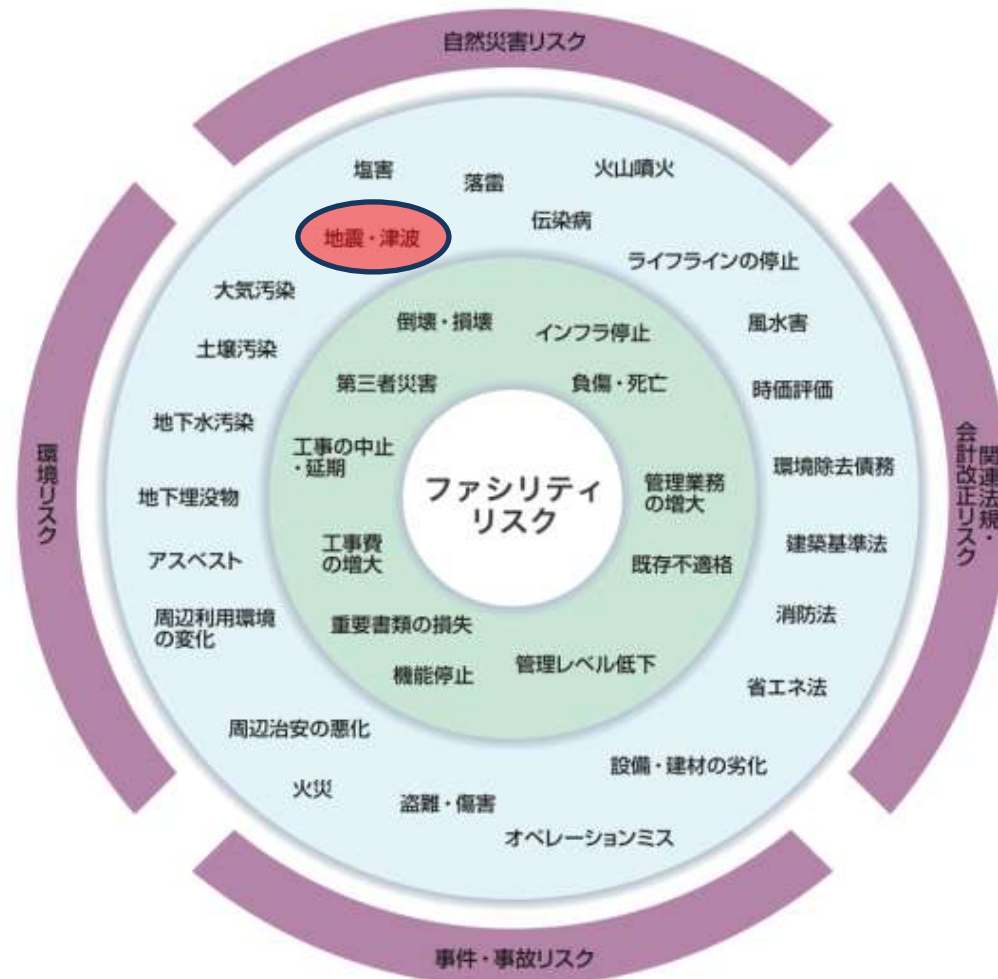


ただし・・・

- リスクすべてに
対応しきれない
- 被災リスクはゼロに
ならない。

ファシリティ停止リスク
は地震だけではない。

何らかのリスクが発生した際には、その対策が不十分などで重要な機能が停止する可能性が高い。



発災後に置かれた状況下で、何とか対応しなければならない

**重要な業務を継続させるには、
刻々と変化する状況を迅速に把握。
臨機応変に対応する。**

(いつもと違うやり方をしてでも)



ファシリティのレジリエンス向上にはハード+ソフト

レジリエンス：複雑かつ変化する環境における組織の適応能力。

※注記 1:

レジリエンスは、事象により影響を与えられることに抵抗する組織の能力、又は事象により影響を受けた後、受入れ可能な期間内に、受入れ可能なパフォーマンスのレベルに戻る能力である。

※注記 2:

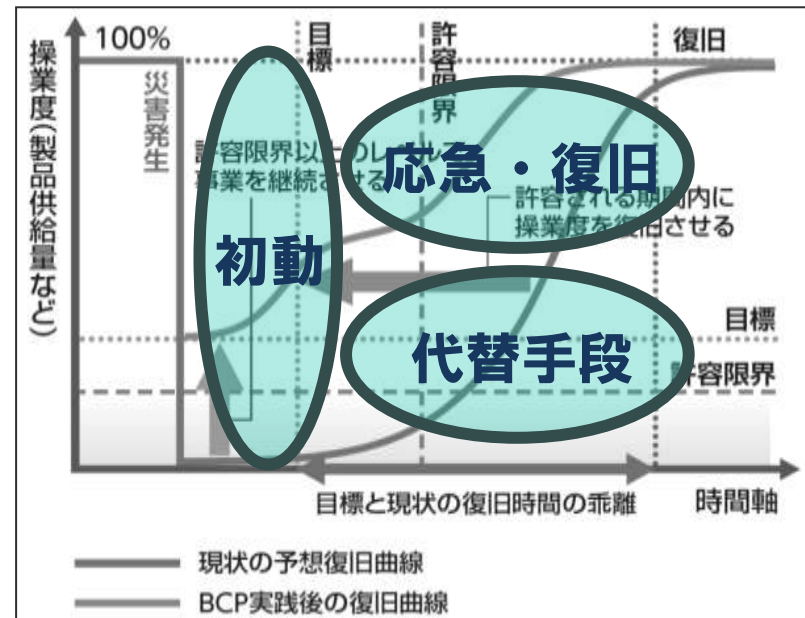
レジリエンスは、内部及び外部の変化に直面した場合に、その機能並びに構造を維持し、そしてやむを得ない場合に、程よくレベルを下げる、システムの能力である。

引用：「組織レジリエンス」 ASIS 仕様書1-2009 P.46

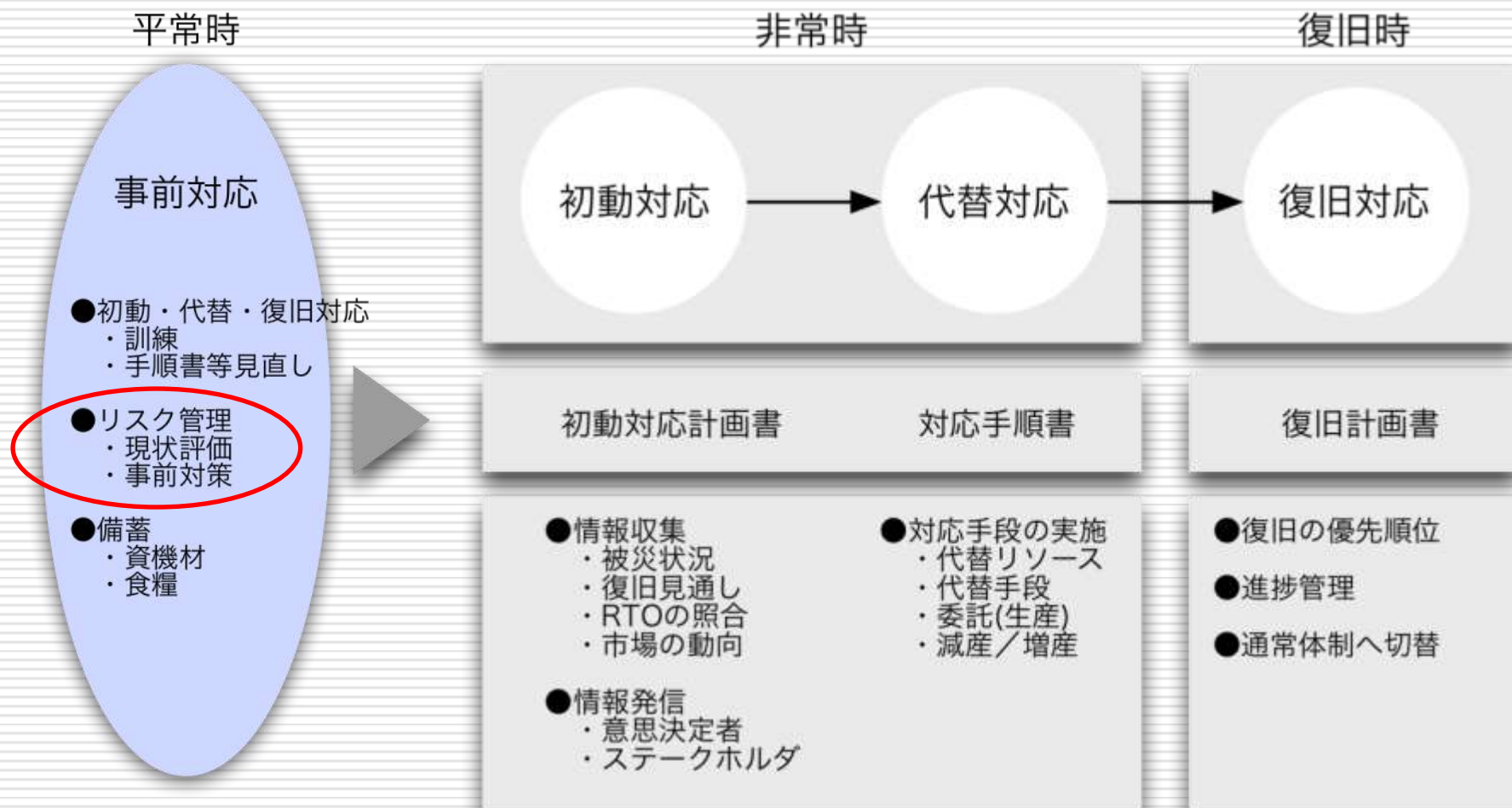


- 目標復旧時間と目標復旧操業度を守る
- 許容する限界レベルを設定し維持する
- 以上を実現するアクションをフェーズ毎に立案

事前の対策



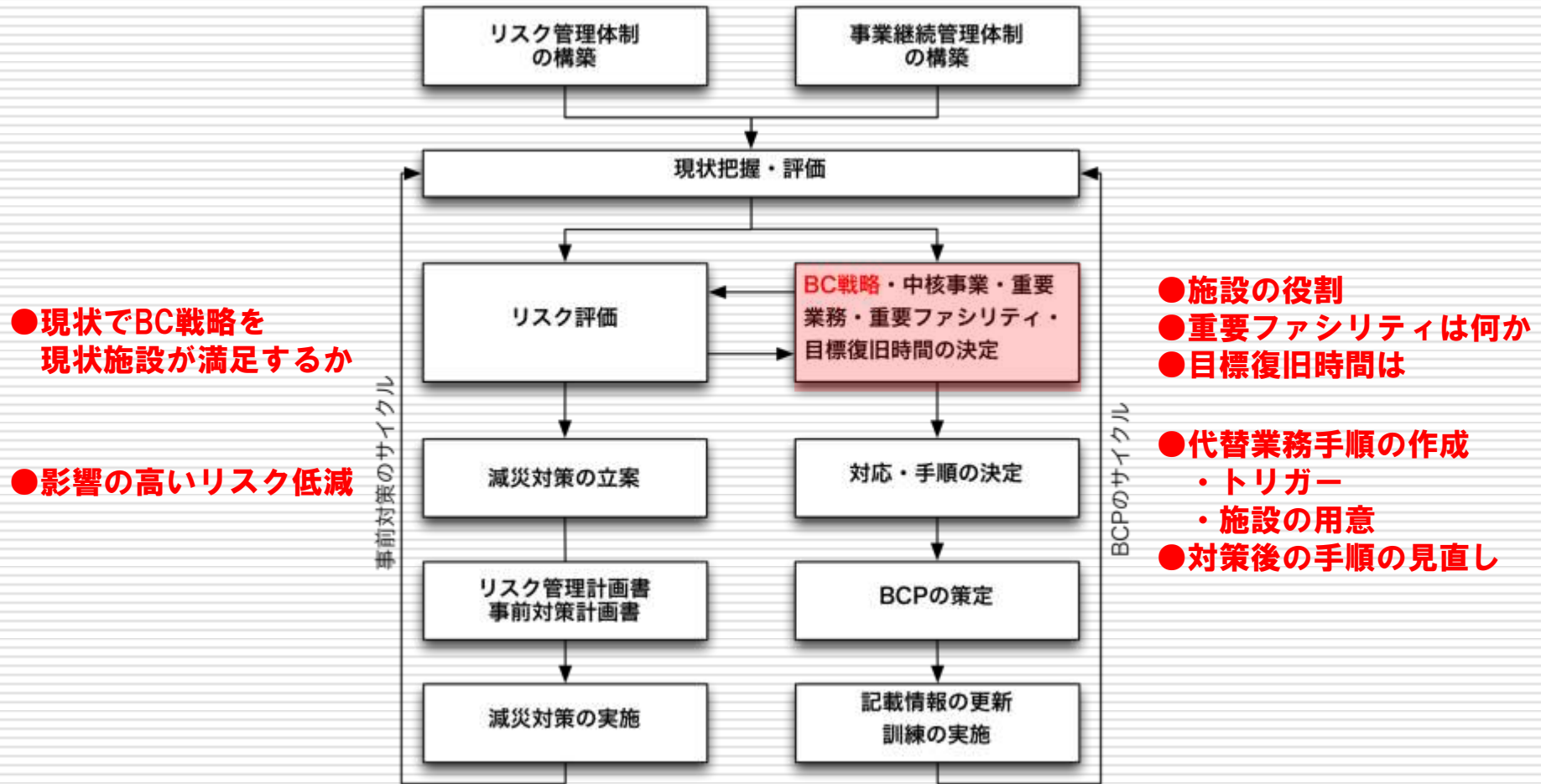
ファシリティマネジャーの役割



<発災前のファシリティマネジャーの役割>

- ①重要業務を確認する（守るものを絞る）**
- ②重要ファシリティを整理**
- ③重要ファシリティが停止した場合の
重要業務への影響を評価**
- ④重要業務にインパクトの大きい原因
をつぶすための投資を促進**

①重要業務を確認する



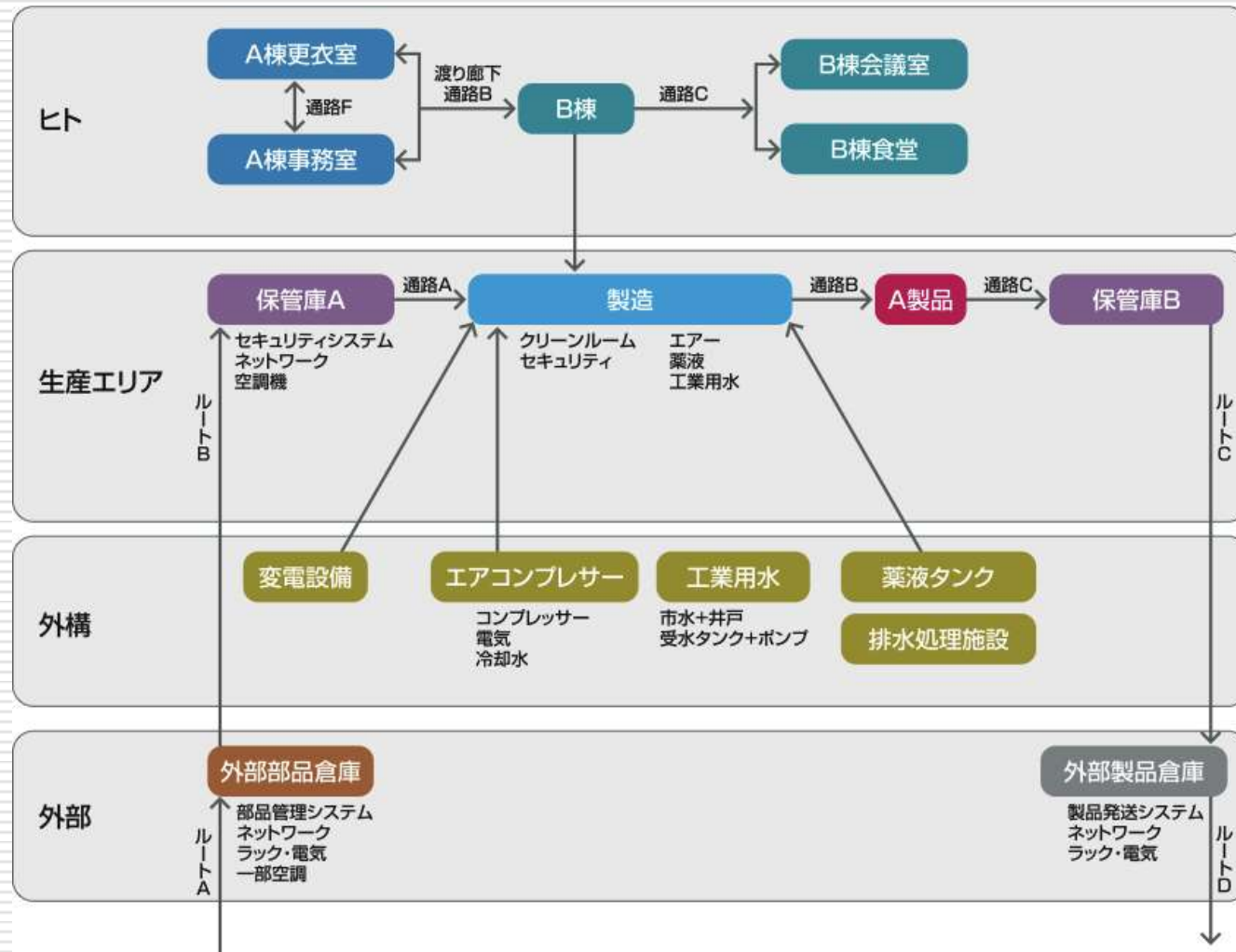
事業継続計画から導く

②重要ファシリティを整理する

棟	階	場所	分類	名称	耐震計算	
事務棟	屋上	外部	電気	避雷針・アンテナ		
			衛生	高置水槽	○	
				消火補助水槽		
			空調	CPU室空調機（室外機）		
				空冷チラー		
	各階	EPS	各所	電気	強電幹線	
				電気	弱電端子盤	
					分電盤	
		PS		衛生	衛生縦配管	
				空調	空調縦配管	
		3階	事務室天井内	空調	空調配管	
		2階	CPU室	電気	CPU	
				空調	CPU室動力盤	
				空調	CPU室空調機（室内機）	
				空調	空調配管	
空調	排煙ファン			○		
	連絡通路天井内	電気	棟間渡り配線（各弱電設備）			

管理シート化（日常のメンテ・被災時の確認）

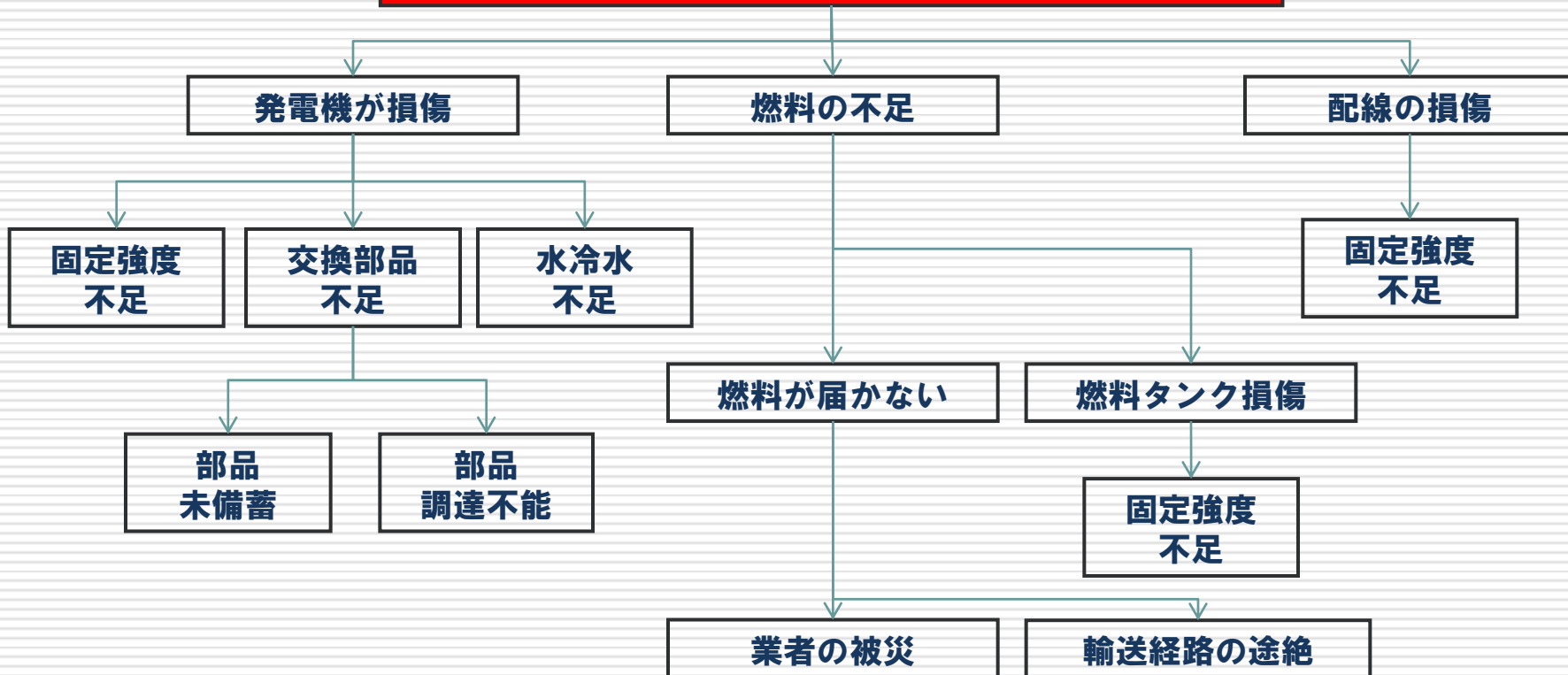
②重要ファシリティを整理する



業務フローから整理する

②重要ファシリティを整理する

非常用発電機が作動しない

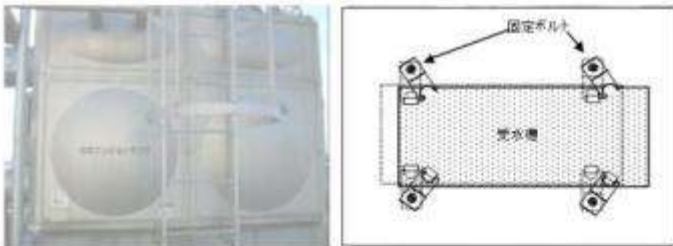


要因分析（結果）から整理する

③重要業務への影響を評価する

建築設備関連

屋上 ステンレスパネルタンク



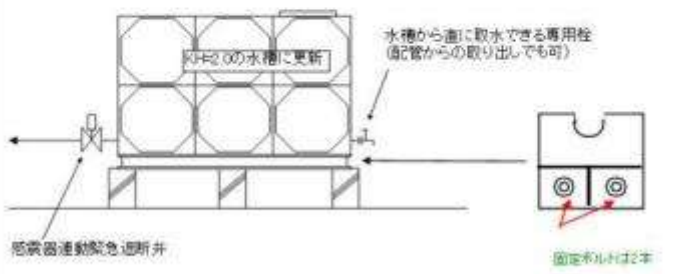
リスクレベル	発生確率	影響度	復旧難易度
	A	A	B

予想されるリスク

(発生事象・重要業務への影響)

耐震クラスAの場合、屋上設置機器の設計用標準強度は $K_H=1.5G$ が一般的だが、本施設では、 $K_H=1.0G$ であり、耐震クラスB(一般的な耐震強度)となっている。固定ボルト 本数も各箇所1本であり、地震時にタンクの移動や破損が発生する。

軽減対策



KH=2.0の水槽に更新

水槽から直に取水できる専用栓 (固定管からの取り出しでも可)

感震器連動緊急遮断弁

固定ボルトは2本

対策内容:

- 設計用標準強度 $K_H=1.5G$ の製品に更新する
- 変水槽が地震時に移動しないよう、各箇所固定ボルトを2本にする

減算対策リスト

COOP1



③重要業務への影響を評価する

～評価場所によって揺れの大きさが異なる～

$$\text{水平加速度 gal} = \left(1.0 + \frac{7}{3} \times \frac{X_i}{H} \right) \times K_0$$

- H：主要構造の地表面からの全高さ（m）
- Xi：主要構造体の地表面からのi階の高さ（m）
- K0：地表面加速度（gal）

	高層棟		低層棟	
	地上からの高さ（m）	水平加速度（gal）	地上からの高さ（m）	水平加速度（gal）
全高さ（H）	36.00	—	15.00	—
8階（Xi）	30.00	1,767	—	—
3階（Xi）	13.50	1,147	13.50	1,947
2階（Xi）	9.00	950	9.00	1,440
1階（Xi）	0.30	612	0.30	628
地上（K0）	0.00	600	0.00	600

※出典：「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領」

③重要業務への影響を評価する

～評価場所によって揺れの大きさが異なる～

すべり移動量の算定

μ	静止摩擦係数	0.003		図 1 参照
T_s	算定用周期(建物)	0.3 s		別途算定
A_f	各階床応答の最大加速度	1947.0 cm/s ²		別途算定
V_f	床応答の最大速度	146.03 cm/s		$V_f = A_f \cdot T_s / 4$
F_e	床応答の卓越振動数	2.12 Hz		$F_e = A_f / (2\pi V_f)$
V_{so}	滑動始めの床応答加速度に対する等価速度	0.22 cm/s		$V_{so} = \mu g / 2\pi F_e$
A_s	すべり開始加速度	2.94 cm/s ²		$A_s = \mu g$

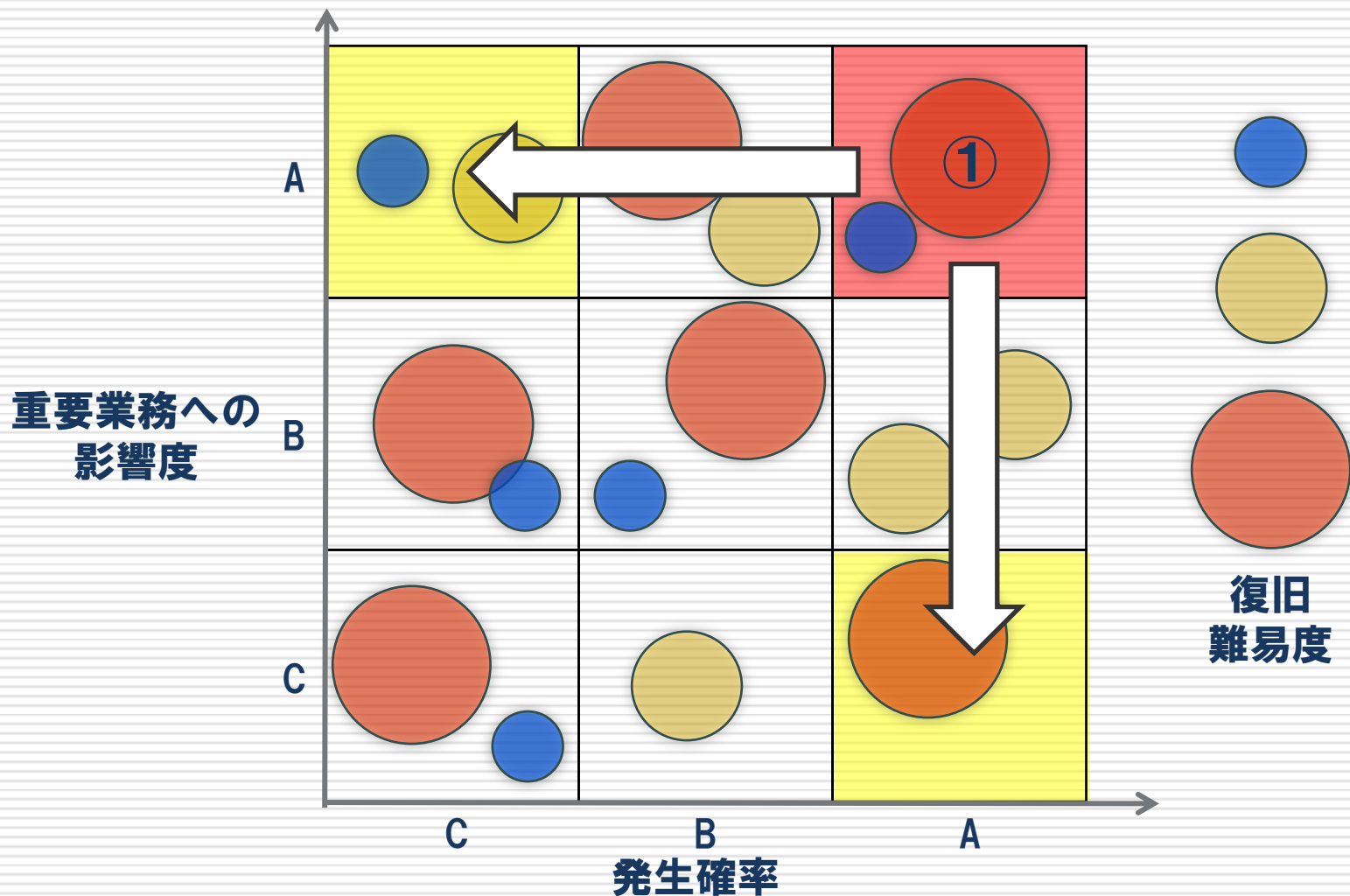
δ	すべり移動量	325.8 cm		$\delta = 0.035 \mu^{-0.3} \cdot F_e^{-0.5} \cdot (V_f - V_{so})^{1.56}$
----------	--------	----------	--	--

※出典：「非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領」

③重要業務への影響を評価する

評価	発生確率	事業への影響度	復旧難易度	人的被害
	損傷する可能性	重要業務への影響	復旧難易度	人の死傷の可能性
A	確率がかなり高い	停止する可能性が高い	復旧が困難 (1ヶ月以上)	重傷者もしくは死亡者が出る
B	損傷する恐れがある	停止する恐れがある	復旧に1ヶ月程度	数名の軽傷者が出る
C	確率が低い	停止する可能性は低い	復旧に数週間以下	負傷者なし

③重要業務への影響を評価する



優先順位と対策法を検討

天井の地震対策の場合

T A I S E I

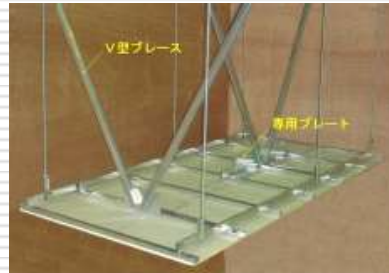
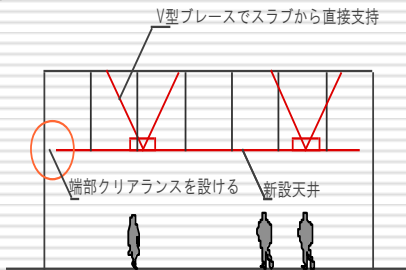
天井の現状を整理

施設名称	所有	階	室名	特定天井	高さ	面積	概況
本社ビル	保有	1階	ホール	○	9,000mm	420㎡	・ 建築化照明多数
		2階	会議スペース	—	2,800mm	500㎡	・ 1フロア全体で天井を構成 ・ 日中は外部の来館者が多数在籍
		3階	社員食堂	—	2,800mm	300㎡	・ 昼食時の在室人数が多い ・ 昼食時以外は会議スペース
		4～10階	事務所	—	2,700mm	500㎡	・ 日中の在室人数が多い ・ 6階に経理用サーバがある
〇〇工場	保有	1階	事務室	—	2,600mm	600㎡	・ 日中の在室人数が多い ・ 天井裏が高い（吊ボルトが長い）
		1階	生産室	○	6,000mm	500㎡	・ 日中の在室人数は少ない ・ クリーンルームのため、生産再開に時間がかかる
		製品倉庫棟1階	製品倉庫	○	7,500mm	600㎡	・ 日中の在室人数はほとんどいない ・ 生産停止の間は、在庫品を納品する必要がある
〇〇営業所	賃借	4階	専有部分	—	2,600mm	300㎡	・ 木軸天井で接合部は釘留め

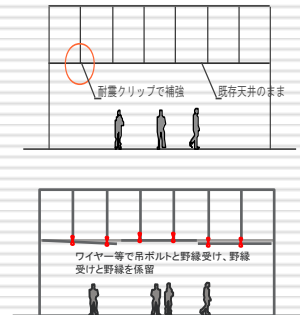
「特定天井」以外の対応も決める必要

天井材の地震対策

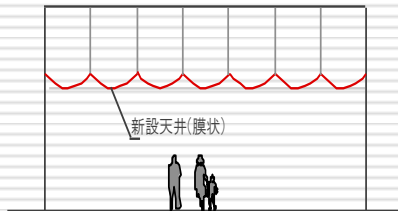
～耐震天井～



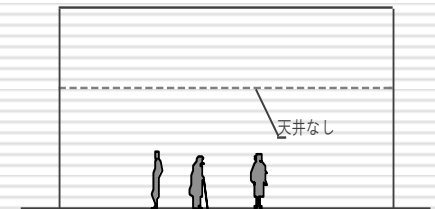
～落下防止～



～落下しても安全な素材～



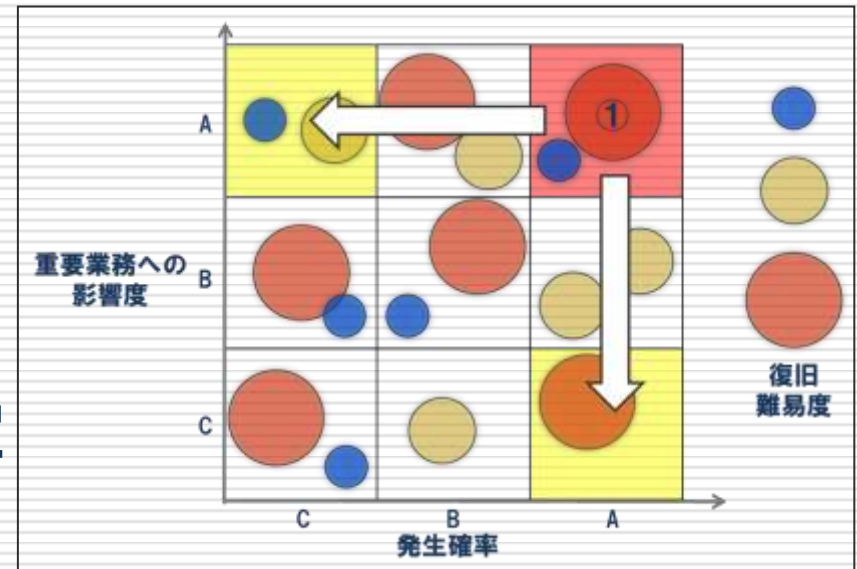
～天井レス～



室の特性を考慮して選択

天井の地震対策 実施の優先順位付け

- 天井の規模・形状（面積／段差／非矩形）
- 現状の取付方法
 - ・評価基準との比較／劣化・腐食の状態／溶接有無
- 重量のある設備機器・配管の有無
- 天井落下時の衝撃力
- 室の利用状況
 - ・用途
 - ・在席人数の多い室
 - ・BCP上の重要業務を行う室



発災後の ファシリティマネジャーの役割

T A I S E I

発災後の取り組み

初動計画に沿って、活動場所を構築



施設内外の被害状況を把握



被害状況と復旧の見通しを意思決定者に伝達



被災後の利用状況に応じたファシリティの提供
(現地確認・ヒアリング)



使用不可が判明した重要ファシリティの代替を用意

必要なモノを事前に準備する

発災後の取り組み

活動場所の構築

- ・ 設置手順（レイアウト図）
- ・ 備品の備蓄（すぐに用意）

被害状況の把握

- ・ チェックリスト（誰でも簡単に）
- ・ 連絡手段（何を持たすか）

状況を意思決定者に 伝達

- ・ チェックリスト（重要ファシリティ）
- ・ 各部位が壊れた際の修理/再調達時間

臨機応変な ファシリティの提供

- ・ 現状の確認（視察/ヒアリング等）
- ・ 稼働可能な室、備蓄品リスト

代替を用意

- ・ 代替への切替手順と指示
- ・ 通常業務に戻す手順

代替業務の検討

何らかの原因でオフィスが使えない

～同時被災していない場所を選択～

PLAN A：東京駅営業所で再開

PLAN B：埼玉支店で再開

PLAN C：大阪支店で再開

**PLAN D：レンタルオフィス・ホテルの宴会場を
借りて再開**

PLAN E：自宅で再開

実現するための経営資源の新規調達・移動手段

代替業務の検討

何らかの原因でA工場が使えない

～同時被災していない場所を選択～

PLAN A：代替の工場を事前に確保

PLAN B：日常から委託生産

PLAN C：同業他社の工場（たすけあいBCP）

PLAN D：顧客の工場で再開

PLAN E：サプライヤの工場で再開

- **実現するための経営資源の新規調達・移動手段**
- **技術移転に対する意思決定**

ハード+ソフトでファシリティの機能を継続

事前対策 を効果的に、可能な限り

+

初動対応 を迅速に的確に

+

代替対応 で要求されるパフォーマンスを維持

+

危機管理 で不測の事態に冷静に対応

+

復旧能力 でパフォーマンスの安定と向上・通常業務への切り替え

あらかじめアクションプランを立て組織活動

定期的な見直し



- BIA（重要業務）
- 立地評価
- 事業・ワークスタイル変化

- 自然災害・法改正
- 取引先の事業変化
- 技術革新

- インパクト（自社・社会）
- 市場（マーケットの変化）

- ファシリティ戦略・投資計画
- 災害時の行動
- 地域・顧客への対応（広報）

- 震度レベル（5弱／6強）
- 売上（利益）の比率
- 顧客満足度

トリガーに基づくアクション

+

AISEI

TECHNOLOGY

テクノロジーの交差点で未来が生まれる。

大成建設が保有する多彩なテクノロジーが重なり合い、融合し、大きなうねりとなり、
人々の夢を未来へと運んでゆきます。

技術をすべてに  大成建設
TAISEI www.taisei.co.jp/



TAISEI CORPORATION