

高経年化設備のリスク量の算定方法等について

2020年12月17日
広域連系系統のマスタープラン及び
系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会事務局

	2020年度									2021年度
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	詳細検討
検討委員会 開催予定		第1回 ◆	第2回 ◆	第3回 ◆(前回)◆	第4回 ◆	第5回 (今回)◆	第6回 ◆(次回)◆	第7回 ◆	第8回 ◆(一次案)	

項目	時期	主な内容
検討の進め方	第1回	➤ 一次案のとりまとめに向けた検討の進め方
1. 広域系統整備の長期展望 (設備形成ルールと1次評価 に基づく増強系統)	第2回	➤ 費用便益評価に基づく設備形成ルール(混雑を前提とした設備形成) ➤ 供計第10年度のシミュレーション結果(地内系統含む)
	第4回	➤ 個別の地内混雑系統の費用便益評価
	第6回 (調整中)	➤ ノンファーム型接続の全国展開と設備形成ルール ➤ 一次案策定に向けたシミュレーション条件
	第7回 (調整中)	➤ 一次案における長期展望について(連系線を中心とした増強の可能性)
2. 混雑管理の在り方	第3回	➤ 混雑管理勉強会での議論状況
	第5回	➤ 混雑管理勉強会の成果(報告)
3. 高経年設備の更新の在り方	第3回	➤ ガイドラインの全体概要、記載事項の方向性
	第5回	➤ 高経年化設備のリスク量算定方法等、ガイドラインの記載内容
	第7回	➤ ガイドライン一次案の提示等
一次案とりまとめ	第7回	➤ 一次案の骨子、一次案(案)の提示
	第8回	➤ 一次案

＜総括＞

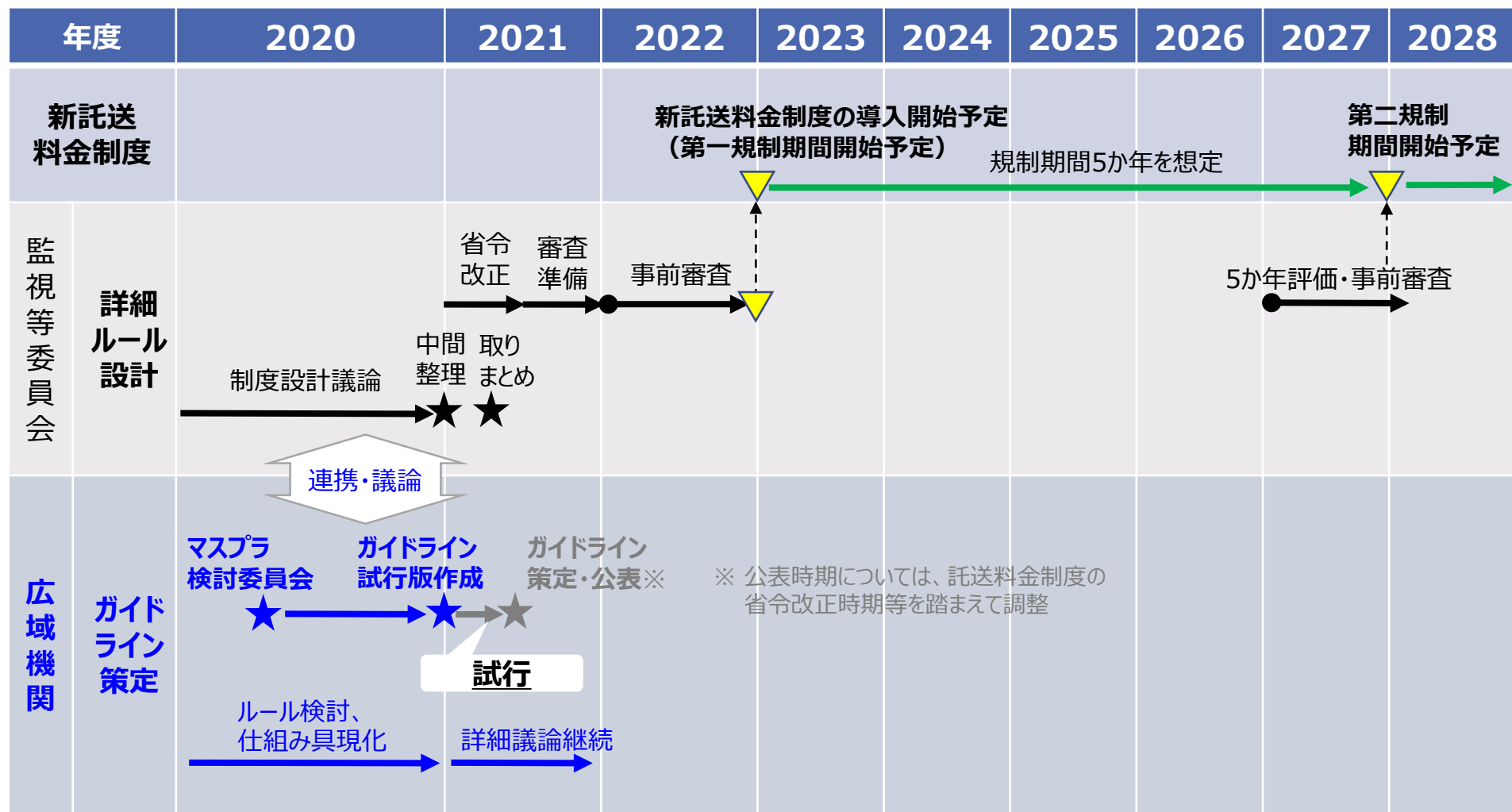
- 委員の皆さまから様々な意見はあったものの、まずは現状のリスク量以下とすることを目標とする内容等、事務局案に大きな異論はなかったと考えており、この事務局案で検討を進めていただければと思う。

＜リスク量の算定方法に関するもの＞

- 設備毎に故障確率と影響度を客観的に計算しリスク量を評価する考え方は問題ないと思うが、これまで電力会社が積み重ねてきた設備更新に関する経験と齟齬はないのかという視点で、技術者の意見も踏まえた上でリスク量の算定方法をより緻密化、精密化して頂きたい。
- リスク算定方法について、係数等については今後ブラッシュアップを行うことと記載されているが、一方でリスク算定方法の妥当性の評価方法についても前もって検討しておく必要がある。
- 海外でやり方が異なっているということであれば、イギリスのやり方が必ずしも標準的あるいはベストとは言えない。リスク評価にあたっては、設備の状態評価や余寿命評価の技術と密接に関わるが、これらの技術は発展途上であるため、日本にあった具体的な評価指標を検討する際には、新しい知見やよりよい評価指標が出てきたときに速やかに反映できるようにして欲しい。
- 停電影響額、災害影響額については電力会社側が把握できるものではなく、需要家側が被る被害であるため、本当は需要家側に算出してもらわないと正確な値が出ず、実態の把握が難しいと思う。また、これらを具体的に計算しようとする、あまり大きな額にはならず、送配電設備を維持するためのシステムを構築する説明には導けないのではないかと。
- ガイドラインが各一般送配電事業者の裁量を著しく狭めることにならないよう、創意工夫をする余地を減らさないようにすることが極めて重要である。
- 本取り組みは説明責任や透明性を確保するという観点で非常に重要と考えている。エリアによって雪害や台風などの災害の頻度の違いがあり、地域毎に創意工夫がなされていると思うが、イギリスにおいて、故障確率の算出方法に考慮されているのか事務局で整理されているものがあれば教えていただきたい。
- 故障影響度の経済性の部分については、事故に伴う電源への影響も加味いただきたい。

- 一般送配電事業者が2023年度からの新託送料金制度に向け収入上限申請を行うべく、広域機関は、高経年化対応に係るリスク量とそれに基づく更新工事の物量を算定するためのガイドラインを作成することとなる。
- 本取組みは日本初の試みであり、新しい託送料金制度の導入に合わせてガイドラインを適用することを踏まえ、**2020年度はガイドラインの試行版を作成する**こととし、2021年度はガイドラインを実際に使いながら評価を実施することで、順次、その内容をブラッシュアップさせていきたい。
- 前回の第3回委員会ではガイドラインの記載内容の方向性についてご議論させていただいたため、これまでのご指摘内容も踏まえながら、本日は試行版のガイドラインに記載するリスク量の算定方法についてご議論いただきたい。

- 本取組みは日本初の試みであり、新しい託送料金制度の導入に合わせてガイドラインを適用することを踏まえると、**本年度中にガイドラインの試行版を作成する**こととしたい。



- これまでの委員会では、本ガイドラインの目的やリスク量の算定対象設備、工事物量算定に係る目標設定や算定の考え方等、全体の記載内容の方向性について議論いただいた。
- これまでの議論内容を踏まえ、ガイドラインの記載内容としては以下を考えており、本日はリスク量の算定方法について議論いただきたい。

ガイドライン			マスプラ検討委員会			
章	節	項	第1回	第3回 (前回)	第5回 (本日)	第7回 (次回)
I. 総則	1. 目的		●	●		
	2. 用語		—	—	—	—
II. 設備リスク量の算定方法	1. 基本的な考え方				●	試 行 版 の と り ま と め
	2. リスク量の算定対象設備			●		
	3. リスク量の算定方法	(1) 故障確率の算出方法			●	
		(2) 故障影響度の算出方法			●	
III. 工事物量算定の基本的な考え方	1. 基本的な考え方（工事計画に係るリスク目標設定等）			●		試 行 版 の と り ま と め
	2. 工事物量算定の対象工事	リスク量に基づく工事物量算定の基本的な考え方		●		
(参考) VI. 付録	1. リスク量の算定対象設備および故障の定義				●	
	2. 故障確率および故障影響度の各係数一覧				●	

- 本日は、前回お示したスケジュールに則り、設備リスク量の算定方法に関する以下の内容について、ご議論頂きたい。

【本日も議論頂きたい内容】

1. 設備リスク量算定の基本的な考え方・・・【論点1】
2. 各設備の故障確率の算出方法・・・・・・【論点2】
3. 各設備の故障影響度の算出方法・・・・【論点3】

【主な論点】

- 設備が有するリスク量は、故障の起きる確率とその故障が起きた場合の影響度の積として定義し、一般送配電事業者が高経年化対応に係る設備保全計画を策定するにあたって更新の優先度を検討するための指標（目安値）として取り扱うこととしてはどうか。
- 故障確率の算出方法（算出手順や各算出式）についてはイギリスに準じた方法を用いることとし、ガイドラインに示す標準的な各係数項目や値については日本の実態も踏まえた設定としてはどうか。
- 故障影響度の評価項目についてはイギリスを参考にしつつ、具体的な算出にあたっては、一般送配電事業者の実務への適用についても留意し、面的に配置されている送配電設備について共通の考え方で影響度評価が可能となるような標準的な算出方法を設定してはどうか。

1. 設備リスク量算定の基本的な考え方・・・【論点1】

2. 故障確率の算出方法・・・・・・・・・・・・・・【論点2】

- ・ 期待寿命の算出方法
- ・ 標準ヘルススコアの算出方法
- ・ 現在ヘルススコアの算出方法
- ・ 故障確率（現在、将来）の算出方法

3. 故障影響度の算出方法・・・・・・・・・・・・・・【論点3】

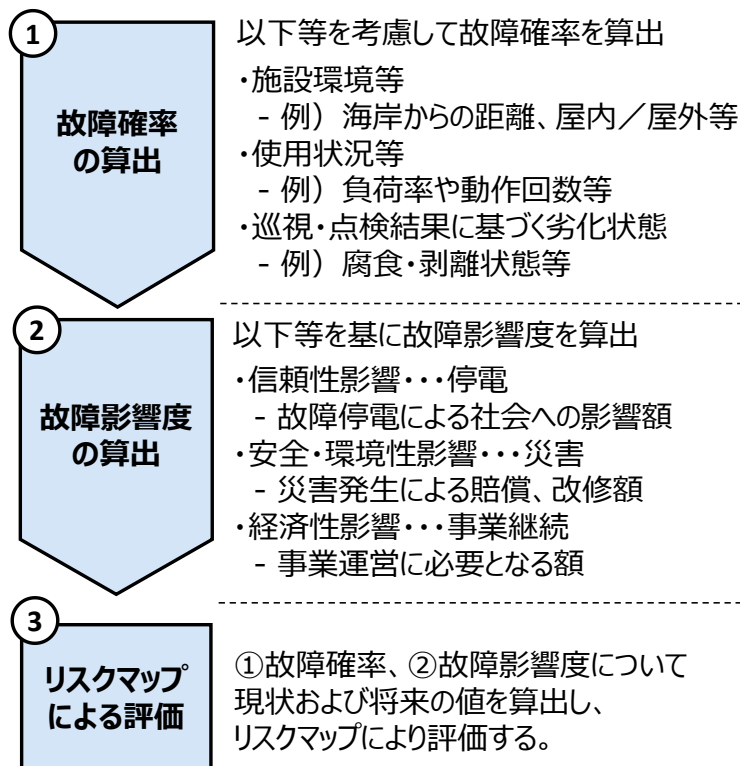
- ・ 停電影響度の算出方法
- ・ 災害影響度の算出方法
- ・ 事業運営影響度の算出方法

- 第3回委員会において、設備リスク量の算定方法については、イギリスの事例を参考にして検討を進めることとした。

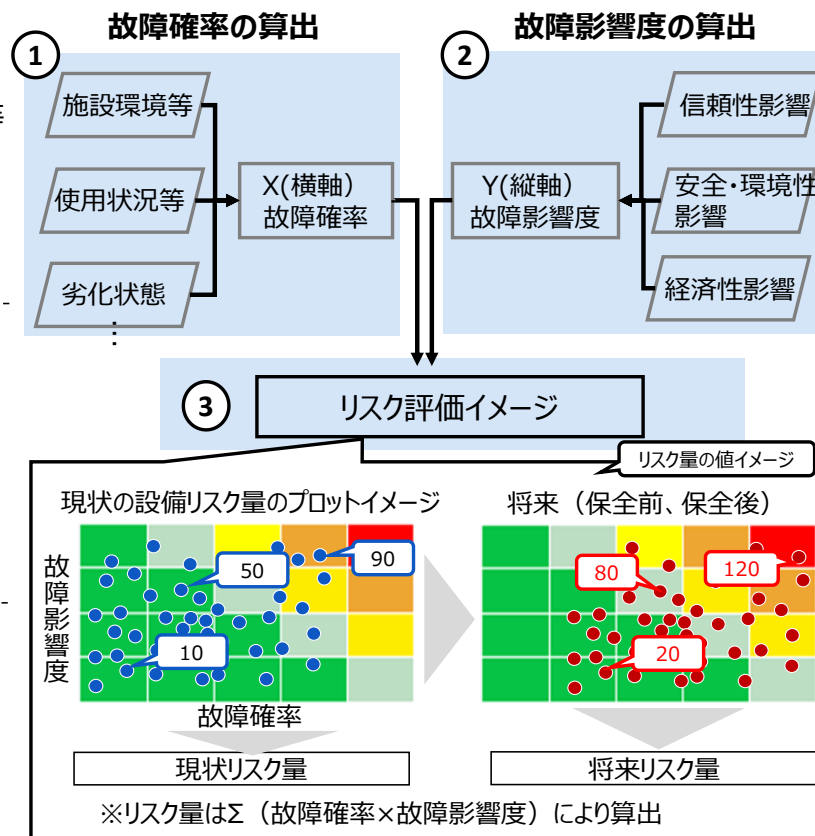
第3回 広域連系システムのマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会資料より

- **新たな託送料金制度で参考とされているイギリスの制度の中で活用されており、適切かつ合理的な設備更新の実現にあたって、配電設備を含む設備毎のリスク量を定量化し、将来のリスク量を評価しているイギリスのリスク算定方法を参考として取り入れていくこととしてはどうか。**

<各設備の評価概要>



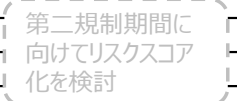
<各設備のリスク評価イメージ>



- 第3回委員会において、リスク量算定の対象設備について、まずは安定供給の観点で影響の大きい（9品目）に対して検討を進めることとした。

第3回 広域連系システムのマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会資料より

- **まずは、安定供給の観点で影響の大きい主要設備（現行の事後評価対象5品目+4品目以上）を念頭に検討してはどうか。**（カバー率でみると先行するイギリスと同等）。

設備区分	安定供給への影響※2	経年対策設備 (資産単位物品)	事後評価対象 (現行の料金制度)	リスクスコア化対象設備 (第一規制期間の対象)	[参考] イギリス※5
工務設備 ※1	影響大 	鉄塔	○	○	○
		電線	○	○	○
		ケーブル	○	○	○
		変圧器	○	○	○
		遮断器		○	○
		キュービクル			○
	影響小 	がいし・架線金具類			○
		断路器			
		管路			
		リレー・TC類			
		リアクトル			
		コンデンサ			
		変流器			
配電設備 ※1	影響大 	整流器・蓄電池			
		電柱	○	○	○
		電線		○	
		ケーブル		○	
	影響小 	柱上変圧器		○	
		柱上開閉器			
		地中変圧器			○
		地中開閉器			○
SVR、引込線					
カバー率※3			40～80%※4	60～90%※4	60～70%
[参考] 品目数			5品目	9品目	10品目

※1 設備区分
工務設備：主に66kV以上設備
配電設備：主に6.6kV以下設備

※2 安定供給への影響
停電に直結する、もしくは設備物量の大小

※3 カバー率の定義
全設備の経年対策設備工事に対するリスクスコア化対象設備の経年対策工事の費用割合

※4 日本のカバー率
一般送配電事業者の2018年度実績より算出（四捨五入値）

※5 イギリス
[リスクスコア化設備]
・イギリスのリスクスコア化の標準であるCNAIMで規定されている設備であり、イギリスDNOが保有する設備の内、日本国内に存在する設備のみ抽出

[カバー率]
・カバー率については※3と同義であり、イギリスDNOへの聞き取りによるもの。またイギリスDNO独自に保有する設備も含んだ値

1. 設備リスク量算定の基本的な考え方・・・【論点1】

2. 故障確率の算出方法

- ・ 期待寿命の算出方法
- ・ 標準ヘルススコアの算出方法
- ・ 現在ヘルススコアの算出方法
- ・ 故障確率（現在、将来）の算出方法

3. 故障影響度の算出方法

- ・ 停電影響度の算出方法
- ・ 災害影響度の算出方法
- ・ 事業運営影響度の算出方法

- 設備が有するリスク量は、**故障の起きる確率（故障確率）とその故障が起きた場合の影響（故障影響度）の積として定義**※し、そのリスク量を設備毎（鉄塔1基や変圧器1台ずつ）に算定してはどうか。
- リスク量は、一般送配電事業者が高経年化対応に係る設備保全計画を策定するにあたって各設備の状態把握や**更新の優先度を検討するための指標（目安値）**として取り扱うこととしてはどうか。

※（参考）日本金属学会誌 第66 巻第12 号(2002)「リスクベースの材料工学・材料技術」等

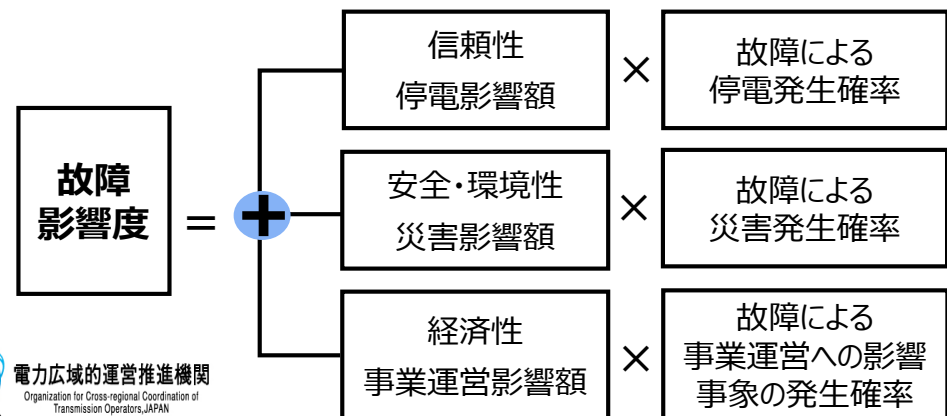
【設備リスク量の算定式】

リスク量 = 各設備の故障確率 × 故障影響度

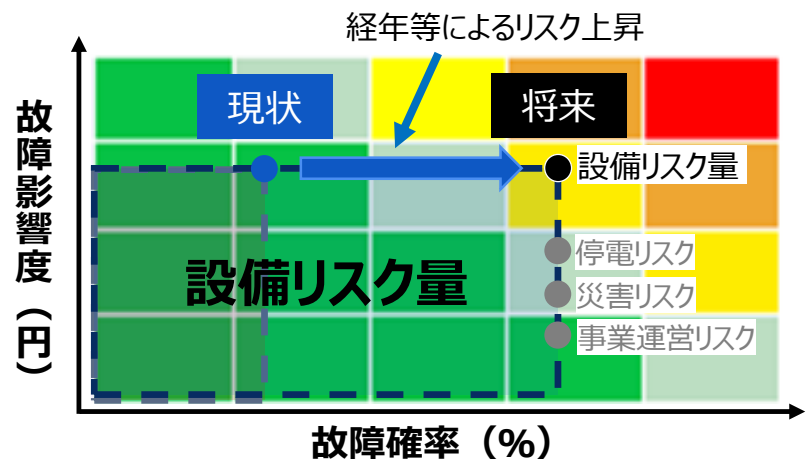
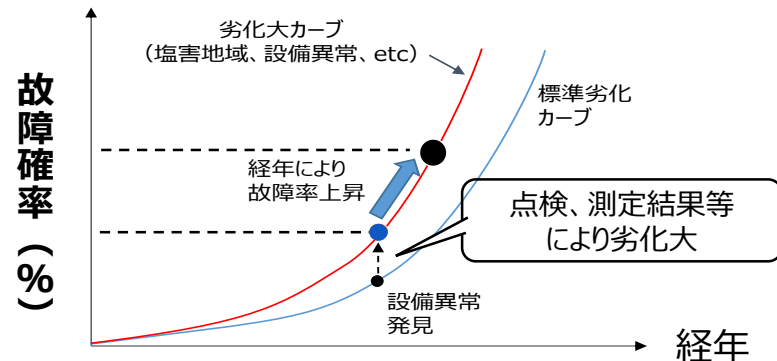
用語	本ガイドラインでの定義
故障	設備劣化により機能不全となる状態 → 各設備の故障の詳細は次頁
故障確率	故障が発生する確率（％）
故障影響度	故障が発生した場合の影響（円※）

※各影響度を金額換算（定量化）した値であり、実際の更新費用とは異なる

【縦軸：故障影響度の概念】



【横軸：故障確率イメージ】



- 故障確率および故障影響度を算出する上で、各設備がどのような状態に至ったものを故障と想定するのかを定義する必要がある。
- そのため、**本ガイドラインでは各設備に対して以下の状態に至ったものを「故障」と定義**し、各設備が以下の状態に至る可能性を「故障確率」、以下の状態に至ることで停電、災害、事業運営に影響を及ぼす度合いを「故障影響度」とする。なお、自然災害や誤操作によって以下の状態に至るものは本定義から除くこととする。

【各設備における故障の定義】

※ 工務設備：主に66kV以上設備、配電設備：主に6.6kV以下設備

設備区分 (※)	設備種別	リスク量の 算定単位	本ガイドラインでの各設備における故障の定義
工務設備	鉄塔	基	設備劣化（腐食等）により強度不足となり倒壊する状態
	電線	径間	設備劣化（腐食等）により断線する状態
	ケーブル	km	設備劣化（トリ―等）により絶縁破壊が生じる状態
	変圧器	台	設備劣化（絶縁紙劣化等）により絶縁破壊が生じる状態
	遮断器	台	設備劣化（部材劣化等）により絶縁破壊、開閉不能が生じる状態
配電設備	電柱	本	設備劣化（腐食等）により強度不足となり倒壊する状態
	電線	径間	設備劣化（腐食等）により断線する状態
	ケーブル	径間	設備劣化（トリ―等）により絶縁破壊が生じる状態
	柱上変圧器	台	設備劣化（腐食等）により絶縁破壊が生じる状態

1. 設備リスク量算定の基本的な考え方・・・【論点1】

2. 故障確率の算出方法・・・・・・・・・・・・・・【論点2】

- ・ 期待寿命の算出方法
- ・ 標準ヘルススコアの算出方法
- ・ 現在ヘルススコアの算出方法
- ・ 故障確率（現在、将来）の算出方法

3. 故障影響度の算出方法・・・・・・・・・・・・・・【論点3】

- ・ 停電影響度の算出方法
- ・ 災害影響度の算出方法
- ・ 事業運営影響度の算出方法

- 試行版ガイドラインに示す、故障確率の算出方法（算出手順や各算出式）についてはイギリスに準じた方法を用いることとし、標準的な各係数の値等については日本の実態も踏まえた設定としてはどうか。

【故障確率の算出手順】

算出式

手順①	場所や使い方を考慮した 「期待寿命」の算出	期待寿命 = $\frac{\text{標準期待寿命}}{\text{場所係数} \times \text{使い方係数}}$	16
手順②	経年を考慮した 「標準ヘルススコア」の算出	標準ヘルススコア = $0.5 \exp\left[\ln\left(\frac{5.5}{0.5}\right) \times \frac{\text{経年}}{\text{期待寿命}}\right]$	19
手順③	点検、測定等の結果を考慮した 「現在ヘルススコア（将来ヘルススコア）」の算出	現在ヘルススコア（H） = 標準ヘルススコア × ヘルススコア係数 × 信頼度係数	20
手順④	現在ヘルススコア（将来ヘルススコア）を用いた 「故障確率」の算出	故障確率（%） = $K \times \left[1 + \frac{C \times H}{1!} + \frac{(C \times H)^2}{2!} + \frac{(C \times H)^3}{3!}\right]$	24

【故障確率の算出方法の補足説明】

- 上記算出式は、一般的な考え方として経年に応じて設備が劣化し、その劣化状態に従って故障確率が指数関数的に上昇する曲線（バスタブ曲線）を数式化したものである。
- 手順①、②は施設環境等における各設備の標準的な劣化状態（標準ヘルススコア）を算出するものであり、手順③はその標準的な劣化状態に対し、設備の劣化診断（点検、測定等）結果を反映した各設備固有の現在の劣化状態を現在ヘルススコア（将来の劣化状態を将来ヘルススコア）として表現するものである。

- 各設備の劣化兆候が表れ始めると想定される標準的な施設年数を標準期待寿命と定義し、設備種別（電圧階級や仕様）毎に設定してはどうか。

手順①

場所や使い方を考慮した
「期待寿命」の算出

期待寿命 = $\frac{\text{標準期待寿命}}{\text{場所係数} \times \text{使い方係数}}$

【標準期待寿命の定義】

[定 義] 各設備の劣化兆候が表れ始めると想定される標準的な施設年数

参考：各設備の標準期待寿命の設定

※ 工務設備：主に66kV以上設備、配電設備：主に6.6kV以下設備

設備区分 (※)	設備種別		標準期待寿命 (年)	設定方法
	大分類 (品目)	小分類 (電圧・仕様)		
工務設備	鉄塔	設備種別（電圧階級や設備仕様）毎に 設定		電気学会 調査専門委員会 や一般送配電事業者における 撤去品調査、電協研やJEM の知見等を参考に設定
	電線			
	ケーブル			
	変圧器			
	遮断器			
配電設備	電柱			
	電線			
	ケーブル			
	柱上変圧器			

- 各設備固有の施設環境から受ける設備劣化の影響度合いを場所係数と定義し、設備毎の施設環境に基づき設定してはどうか。

手順①

場所や使い方を考慮した
「期待寿命」の算出

$$\text{期待寿命} = \frac{\text{標準期待寿命}}{\text{場所係数} \times \text{使い方係数}}$$

【場所係数の定義と考え方】

【定 義】 各設備固有の施設環境から受ける劣化の影響度合いを表す係数

（1を基準に1より大は影響大、1より小は影響小とし、設備毎に施設環境に影響される項目・値を設定）

【考え方】 設備の寿命は、施設環境によって影響を受ける。すなわち施設場所によってこの影響の大小が変わるため、場所係数を設定することで各設備の施設環境を考慮し、各設備固有の期待寿命を算出する。

参考：各設備の各場所係数の設定項目

設備区分	設備種別 大分類（品目）	場所係数の項目	場所係数	各項目の設定方法
工務設備	鉄塔	設備種別（品目）毎に塩分（塩分付着量もしくは海岸からの距離等）、湿度、その他汚損等を設定	設備種別（品目）毎に1.0を基準とした値を設定（項目が複数がある場合は総合的に勘案し、1つの値に決定して適用）	電中研の環境分析調査結果や一般送配電事業者の点検、測定等の結果に基づく設備劣化状態の知見を参考に設定
	電線			
	ケーブル			
	変圧器			
	遮断器			
配電設備	電柱			
	電線			
	ケーブル			
	柱上変圧器			

- 各設備固有の使用状況等による劣化影響度合いを使い方係数と定義し、設備毎の使用状況等に基づき設定してはどうか。

手順①

場所や使い方を考慮した
「期待寿命」の算出



$$\text{期待寿命} = \frac{\text{標準期待寿命}}{\text{場所係数} \times \text{使い方係数}}$$



【使い方係数の定義と考え方】

【定義】各設備固有の使用状況等による劣化の影響度合いを表す係数

（1を基準に1より大は影響大、1より小は影響小とし、設備毎に使用状況等に影響される項目・値を設定）

【考え方】設備の寿命は、使用状況等によって影響を受けるため、各設備の使用状況等による劣化傾向も考慮し、各設備固有の期待寿命を算出する。

参考：各設備の使い方係数の設定項目

設備区分	設備種別 大分類（品目）	使い方係数の項目	使い方係数	各項目の設定方法
工務設備	鉄塔	設備種別（品目）毎に負荷率（平均需要電力／最大需要電力）や電界強度（運転電界／基準電界）等を設定	設備種別（品目）毎に1.0を基準とした値を設定 （項目が複数ある場合は総合的に勘案し、1つの値に決定して適用）	一般送配電事業者における撤去品調査等の知見を参考に設定
	電線			
	ケーブル			
	変圧器			
	遮断器			
配電設備	電柱			
	電線			
	ケーブル			
	柱上変圧器			

【期待寿命の定義】

【定義】各設備固有の劣化兆候が表れ始めると想定される施設年数（場所係数と使い方係数の相乗が1より大きければ標準期待寿命よりも短く、1より小さければより長くなるよう設備固有に設定）

- 各設備固有の施設環境等から受ける劣化影響を踏まえた経年ベースの標準的な劣化状態を標準ヘルススコアと定義し、設備毎に算出してはどうか。

手順②

経年を考慮した
「標準ヘルススコア」の算出



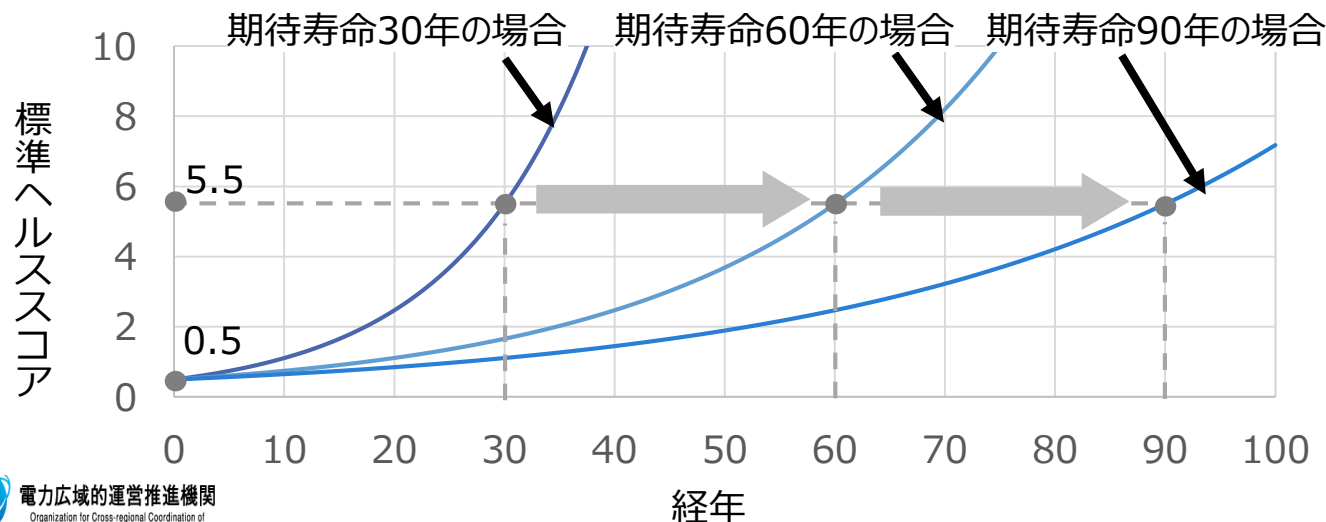
$$\text{標準ヘルススコア} = 0.5 \times \exp\left[\ln\left(\frac{5.5}{0.5}\right) \times \frac{\text{経年}}{\text{期待寿命}}\right]$$

【標準ヘルススコアの定義と考え方】

【定義】各設備の施設環境や使用状況等から受ける影響を踏まえた経年ベースの標準的な劣化状態

【考え方】経年に伴い劣化状態が悪化（ヘルススコアが指数関数的に上昇）することを前提に、新品の状態を0.5、経年が期待寿命に達し経年による劣化兆候が表れ始める劣化状態を5.5として、設備固有の施設年数である経年を入力することで標準ヘルススコアを算出する。

期待寿命別の標準ヘルススコアー経年との関係（上式のグラフ化）



0.5を始点（経年0年）、経年が期待寿命に達した際（経年＝期待寿命）に5.5となるグラフとなり、期待寿命が長くなればなるほど傾きは小さくなり劣化速度が小さくなる（期待寿命が短くなれば劣化速度が大きくなる）

- 各設備の状態に劣化診断（点検、測定等）結果を反映する係数をヘルススコア係数と定義し、設備毎の点検、測定等の結果に基づき設定してはどうか。

手順③

点検、測定等の結果を考慮した
「現在ヘルススコア」の算出

現在ヘルススコア（ H ）

= 標準ヘルススコア × ヘルススコア係数 × 信頼度係数

【ヘルススコア係数の定義と考え方】

[定 義] **各設備の実際の劣化状態を特定するために、劣化診断（点検、測定等）結果を反映する係数**
（1は標準ヘルススコアと同等の劣化状態、1より小は良好、1より大は劣化傾向ありとして設備毎に代表的な点検、測定等の項目・値を設定）

[考え方] これまで施設環境や使用状況等を踏まえた標準的な劣化状態（標準ヘルススコア）を算出したが、各設備の実際の劣化状態を特定するため、標準ヘルススコアに対して、点検、測定等の結果を反映する。

参考：各設備のヘルスコア係数（点検、測定結果等）の設定項目例

設備 区分	設備種別 大分類（品目）	点検、測定結果等の項目例		ヘルスコア係数	各項目の設定方法
工務 設備	鉄塔	点検結果	外観等：腐食等の劣化	設備種別（品目）毎に1.0を 基準とした値を設定 （項目が複数ある場合は総合 的に勘案し、1つの値に決定し て適用）	電協研や一般送配電 事業者の知見を参考 に設定
	電線	点検結果	外観等：腐食等の劣化		
		測定結果	残存強度		
	ケーブル	点検結果	外観等：腐食等の劣化		
		測定結果	故障履歴：同機種設備の故障実績		
	変圧器	点検結果	外観等：腐食等の劣化		
		測定結果	部分放電		
			流動帯電		
			絶縁油：水分含有量、酸性度等		
			絶縁油：溶解ガス（DGA）		
			絶縁紙：FFA		
	遮断器	点検結果	外観等：腐食等の劣化		
			ガス圧力		
		測定結果	部分放電		
			接触抵抗		
			絶縁抵抗		
			ガス分析：水分量、分解ガス		
			開閉時間		
			累積遮断回数		
			動作回数		
配電 設備	電柱	点検結果	外観等：腐食等の劣化		
	電線	点検結果	外観等：腐食等の劣化		
	ケーブル	点検結果	外観等：腐食等の劣化		
	柱上変圧器	点検結果	外観等：腐食等の劣化		

【論点2】手順③「現在ヘルススコア」の算出 (信頼度係数の設定、現在ヘルススコアの算出)

22

- 各設備固有の仕様等による劣化影響度合いを信頼度係数と定義し、設備毎に個別設定した上で現在ヘルススコアを算出してはどうか。

手順③

点検、測定等の結果を考慮した
「現在ヘルススコア」の算出



現在ヘルススコア (H)

= 標準ヘルススコア × ヘルススコア係数 × 信頼度係数



【信頼度係数の定義と考え方】

[定 義] 各設備固有の仕様等による劣化の影響度合いを表す係数

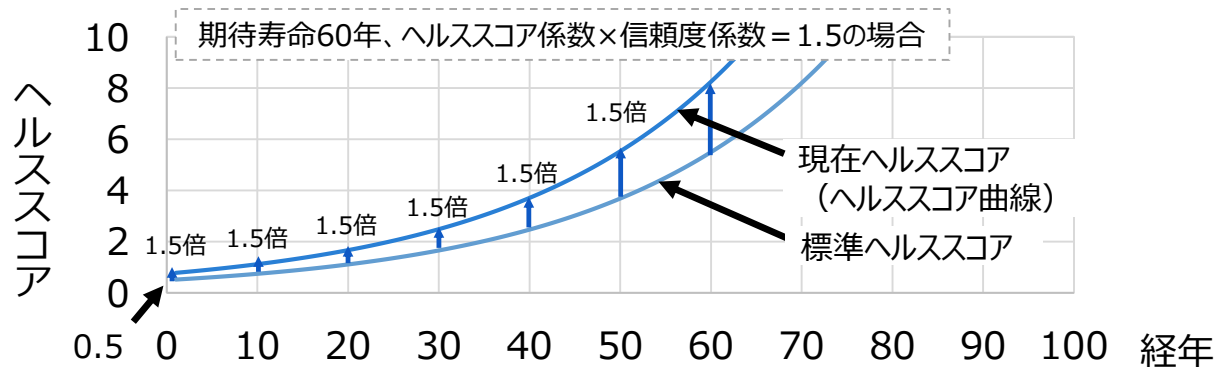
(1を基準に1より大は影響大、1より小は影響小とし、設備毎に値を設定)

[考え方] 設備固有の仕様等（製造元、型式、年代による構造や材料の違い等）により劣化特性が明らかとなっている設備については、信頼度係数を設定することで各設備固有の劣化傾向も考慮し、現在ヘルススコアを算出する。

【現在ヘルススコアの定義】

[定 義] 施設環境や使用状況等から受ける影響に、点検や測定結果等を反映させた現在の劣化状態

標準ヘルススコアー現在ヘルススコアとの関係（上式のグラフ化）



標準ヘルススコアでは0.5を始点、経年 = 期待寿命に5.5となるグラフであったが、これらがヘルススコア係数×信頼度係数が1以上であればその分、上昇が増すイメージとなる

- 現在ヘルススコア（現在の劣化状態）を基に、将来時点での想定される劣化状態を将来ヘルススコアと定義し、設備毎に算出してはどうか。

手順③' 「将来ヘルススコア」の算出

将来ヘルススコア (H')

t : 現時点から将来時点までの年数

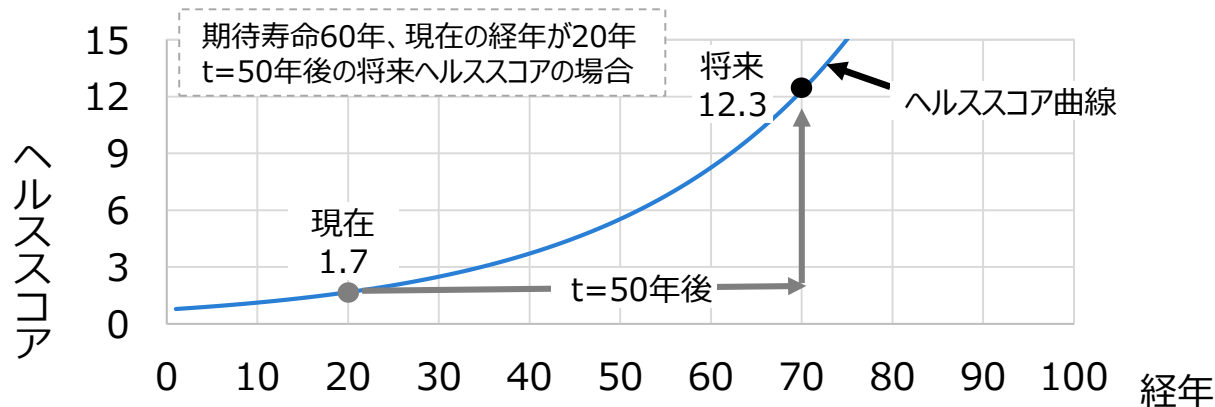
$$= \left[\text{現在ヘルススコア} \times 0.5 \times \exp \left[\ln \left(\frac{5.5}{0.5} \right) \times \frac{\text{経年} + t}{\text{期待寿命}} \right] \right] \times \text{ヘルススコア係数} \times \text{信頼度係数}$$

【将来ヘルススコアの定義と考え方】

[定 義] 現在ヘルススコア（現在の劣化状態）を基にした将来時点での想定される劣化状態

[考え方] これまで算出した劣化特性（ヘルススコア曲線）に則って、現在ヘルススコアを基に将来時点でのヘルススコアを算出する。

現在ヘルススコア-将来ヘルススコアとの関係（上式のグラフ化）



ヘルススコア曲線（現在ヘルススコアベース）により、t年後のヘルススコアを将来ヘルススコアとして算出する

■ ヘルススコアを故障確率に変換するため、K値、C値を設定し、設備毎に故障確率を算出してはどうか。

手順④

現在ヘルススコア（将来ヘルススコア）を用いた「故障確率」の算出

故障確率（%） = $K \times \left[1 + \frac{C \times H}{1!} + \frac{(C \times H)^2}{2!} + \frac{(C \times H)^3}{3!} \right]$

※ H：現在/将来ヘルススコア

【K値、C値の定義と考え方】

[定 義] K値：ヘルススコアを故障確率へ変換するための値（%）
C値：ヘルススコアを故障確率へ変換するための曲線の形状を決定する値

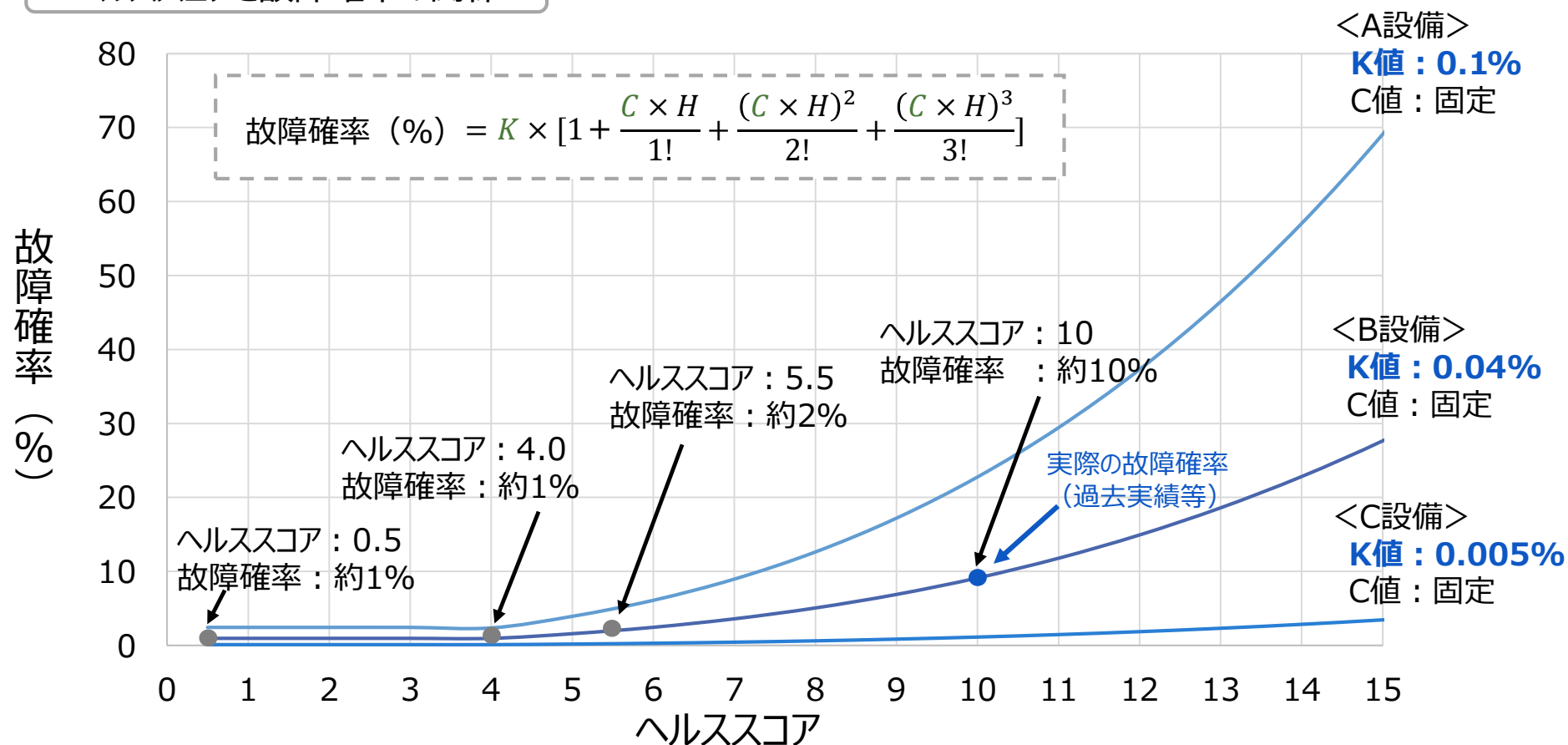
[考え方] 現在ヘルススコアもしくは将来ヘルススコアを故障確率に変換するために、設備毎にK値、C値を設定し、これらを用いて故障確率を算出する。

参考：各設備のK値、C値の設定

設備区分	設備種別		K値 (%)	C値	K値、C値の設定方法
	大分類（品目）	小分類（電圧・仕様）			
工務設備	鉄塔	設備種別（電圧階級や設備仕様）毎に設定		全設備 一律 設定	[K値] 一般送配電事業者の知見等を基に設定 [C値] ヘルススコア5.5、10の場合の故障確率が、ヘルススコア0.5の場合の故障確率の約2倍、10倍となるカーブ形状となるよう設定
	電線				
	ケーブル				
	変圧器				
	遮断器				
配電設備	電柱				
	電線				
	ケーブル				
	柱上変圧器				

- 故障確率の算出式は、経年による劣化状態（ヘルスコア）の悪化によって故障確率が指数関数的に上昇することを表している。
- K値については、C値は固定した上で、一般送配電事業者における過去の故障実績等により算出した実際の故障確率を基に設備毎に設定することで、日本の実態に合うようヘルスコアを故障確率に変換する。

ヘルスコアと故障確率の関係



1. 設備リスク量算定の基本的な考え方・・・【論点1】

2. 故障確率の算出方法・・・・・・・・・・・・・・【論点2】

- ・ 期待寿命の算出方法
- ・ 標準ヘルススコアの算出方法
- ・ 現在ヘルススコアの算出方法
- ・ 故障確率（現在、将来）の算出方法

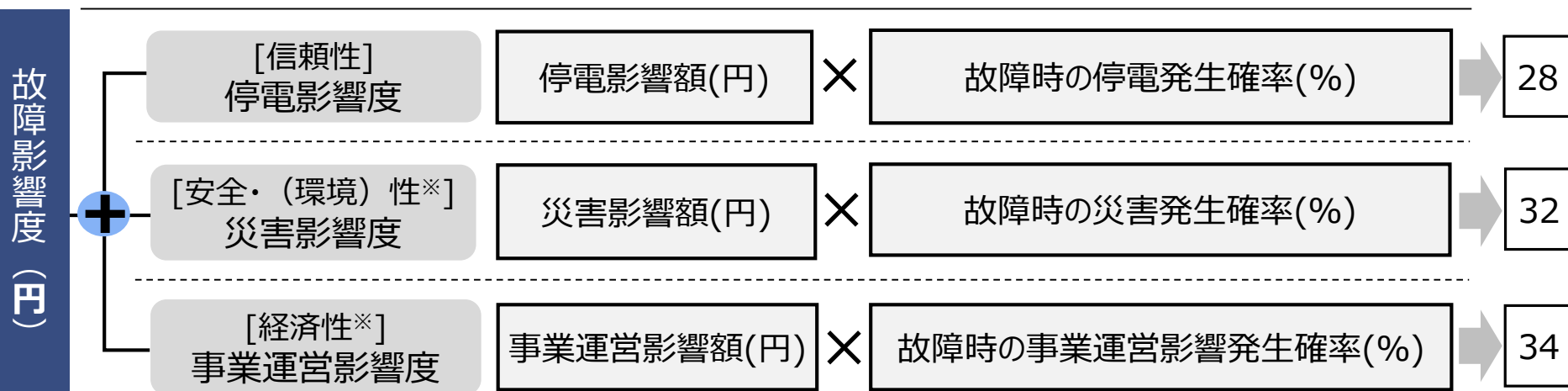
3. 故障影響度の算出方法・・・・・・・・・・・・・・【論点3】

- ・ 停電影響度の算出方法
- ・ 災害影響度の算出方法
- ・ 事業運営影響度の算出方法

- 評価項目としてはイギリスを参考に、設備が故障した際の社会的な影響（信頼性、安全性）および事業運営への影響（経済性）に対する故障影響度を設備毎に評価してはどうか。
- また、故障影響度の算出にあたっては、一般送配電事業者の実務への適用についても留意しつつ、面的に配置されている送配電設備について、共通の考え方で影響度評価が可能となるような標準的な算出方法を設定してはどうか。

【故障影響度の算出】

算出式



※ 環境への影響について、一般的にプラント設備等の評価で想定される毒物性物質の広範囲への漏洩等は、送配電設備の故障においては考え難く、自然物の損壊は非常に小さいものと考えられるため、直接的な評価指標からは除外し、関連する内容（火災の発生や行政対応）について安全性および経済性にて考慮することとする。

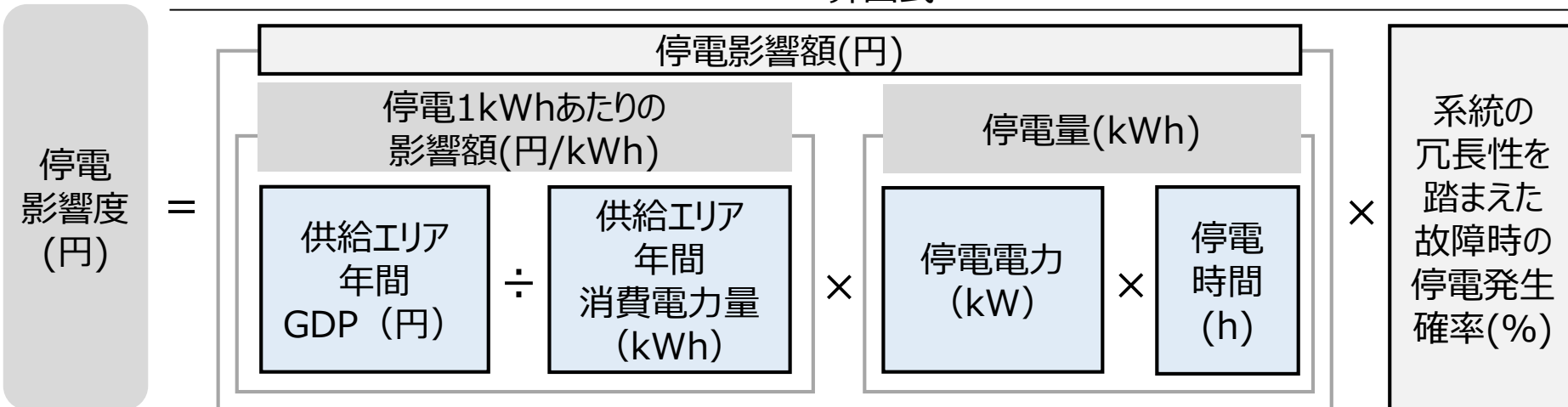
【故障影響度の算出方法の補足説明】

- 故障影響度の基本的な考え方としては、設備毎（鉄塔1基や電柱1本、変圧器1台ずつ）に「故障が発生した際の停電、災害、事業運営に係る影響額」と「故障が発生した際に停電、災害、事業継続を脅かす事象が発生する確率」を乗算し、これらを合算することで、各設備固有の故障影響度を算出する。

- 各設備が故障した際に起きる停電による社会への影響を金額換算した値を停電影響度と定義し、試行版としては、各自治体等で公表されている供給エリアのGDPや年間消費電力量等を用いて設備毎に停電影響度を算出することを一案としてはどうか。
- なお、停電コストについては様々な知見があることから、より本取組に適した評価方法について継続した検討を実施することとしてはどうか。

【停電影響度の算出】

算出式



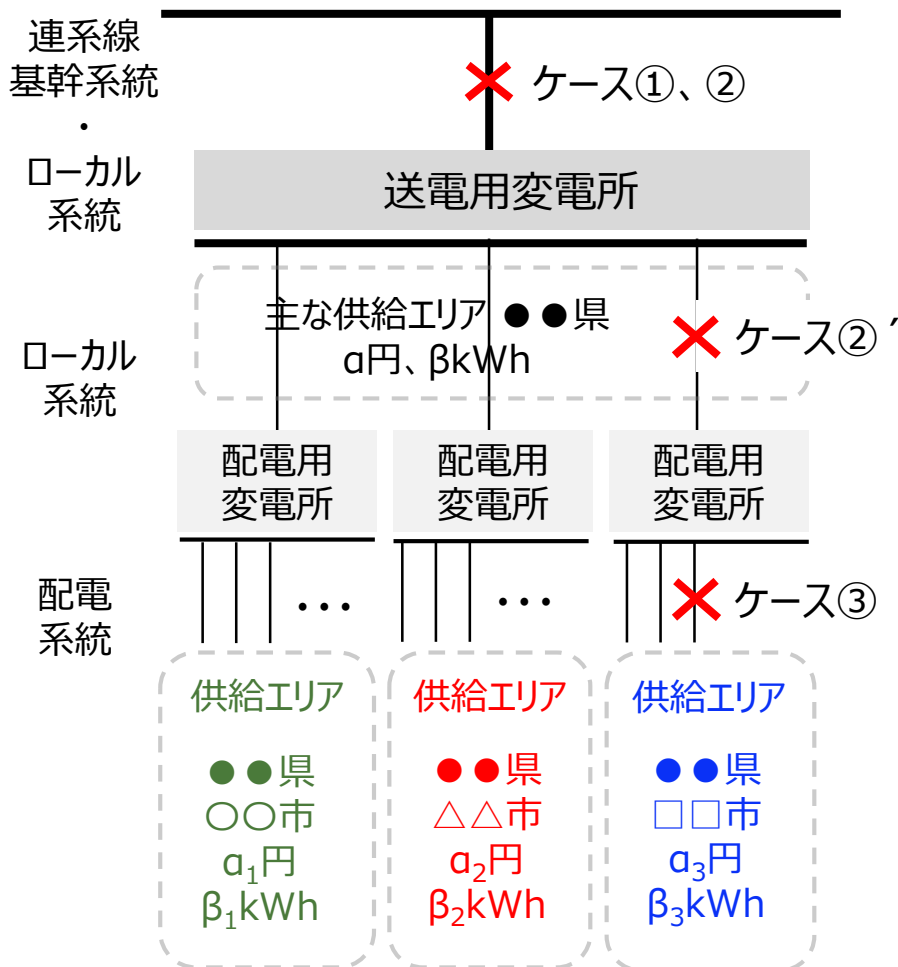
- 停電影響度算出にあたっては、設備（電圧階級や系統構成別）毎に各項目の標準的な値をガイドランで設定する。

【停電影響度算出に係る各設定値の考え方】

設定項目	設定値		各設定方法	
供給エリアの年間GDP(円) ÷	連系線 基幹系統	上位2電圧系統で供給する主なエリアにおけるGDP・消費電力量	30	自治体公表データ等に基づき設定
供給エリアの年間の消費電力量(kWh) ×	ローカル系統	配電用変電所所在地のGDP・消費電力量合成値もしくはGDP・消費電力量		
	配電系統	配電用変電所所在地のGDP・消費電力量		
停電電力(kW) ×	・連系線・基幹系統、ローカル系統：各設備における潮流値 ・配電系統： （設備が特高・高圧系統に施設されている場合） 配電用変電所における潮流値／配電用変電所に連系される全開閉器区間数 ※開閉器区間エリアの停電を想定 （設備が低圧系統に施設されている場合） 配電用変電所における潮流値／配電用変電所に連系される全柱上変圧器数 ※柱上変圧器の供給エリアの停電を想定		31	（当該設備における計測データもしくは想定値は各社データに基づく）
停電時間(h) ×	各設備における段階的な復旧を考慮した標準的な停電時間			一般送配電事業者の知見に基づき設定
故障時の停電発生確率(%) ×	・連系線・基幹系統、ローカル系統： 当該設備の故障に加え、他回線設備の故障の発生確率を考慮し、同電圧階級設備の平均故障確率を乗じた値 ・配電系統等： 当該設備の故障により停電に直結するため100%			各設備における系統の冗長性(系統構成)を考慮し、故障確率を基に設定

- 停電影響度の算出に用いる停電1kWhあたりの経済活動への影響額は、各故障ケースに応じて以下の考え方で算出する。

<系統イメージ>



[凡例]

a : 都道府県、市町村別のGDP (円)
β : 都道府県、市町村別の消費電力量 (kWh)

停電1kWhあたりの影響額 (例)

<故障ケース① : 連系線・基幹系統>

a/β (円/kWh)

※複数県に跨る場合は合成により算出

<故障ケース② : ローカル系統>

供給エリアの合成値 (円/kWh)

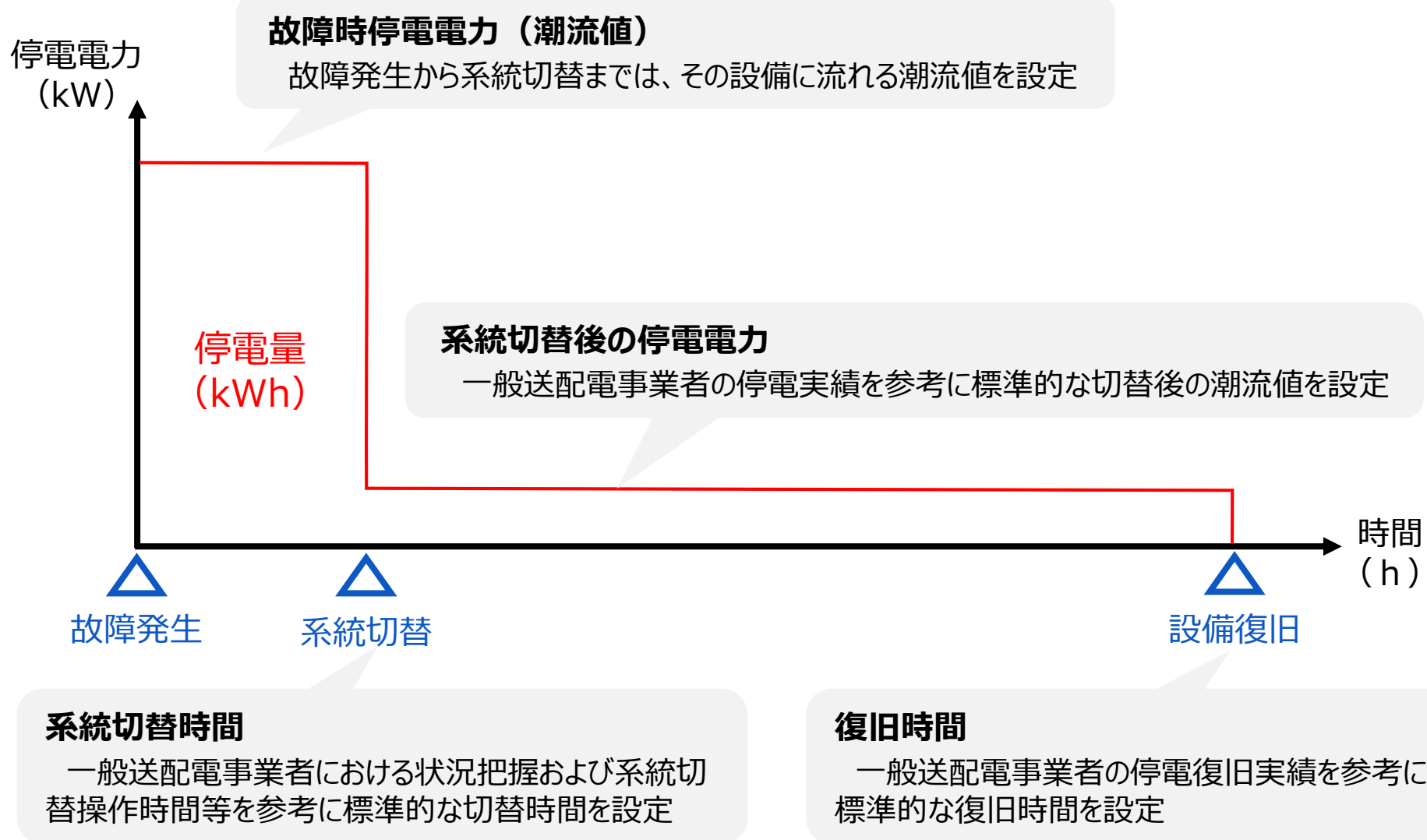
a_1/β_1 、 a_2/β_2 、 a_3/β_3 の合成により算出

<故障ケース②' : ローカル系統

故障ケース③ : 配電系統 >

a_3/β_3 (円/kWh)

- 停電影響度の算出に用いる停電電力および停電時間は系統切替を考慮し、以下の4点について設定する。



- 各設備が故障した際に起きる災害による社会への影響を金額換算した値を災害影響度と定義し、試行版としては、災害が発生した場合の損害賠償等の想定額を用いて設備毎に災害影響度を算出することとしてはどうか。

【災害影響度の算出】

算出式

災害影響度
(円)

=

災害影響額
(円)

×

故障時の災害発生確率 (%)

標準的な発生確率 (%)

×

地域補正係数 (%)

【災害影響度の定義と考え方】

【定 義】 各設備が故障した際に起きる災害による社会への影響を金額換算した値

【考え方】 各設備の故障により想定される災害事象を設定した上で、その災害が発生した場合の損害賠償等の想定額を「災害影響額(円)」として、これに当該設備が施設されている平均的な人口密度等を考慮した「標準的な発生確率(%)」および人口密度に応じた「地域補正係数」を乗じることで災害影響度を算出する。

【各設備の故障により想定される災害事象】

設備 区分	設備種別 大分類 (品目)	社会的影響を及ぼす災害事象	設定の考え方
工務 設備	鉄塔	支持物類（鉄塔、電柱）：倒壊に伴う死亡災害および火災 電線類：断線に伴う感電死亡・重症※災害、火災 機器類（柱上変圧器等）：漏油等に伴う火傷重症災害 （施設環境等を考慮し設定）	工務設備は主に山間部、 配電設備は主に都市部、 住宅地に施設されていること 想定し、代表的な災害事 象として設定
	電線		
	ケーブル		
	変圧器		
	遮断器		
配電 設備	電柱	※ 重症：全治30日以上を要するもの	
	電線		
	ケーブル		
	柱上変圧器		

- 災害影響度算出にあたっては、各設備で想定される災害事象毎に各項目の標準的な値をガイドラインで設定する。

【災害影響度算出に係る各設定値の考え方】

設定項目	災害事象	設定値	設定方法
災害 影響額 (円)		代表的な損害賠償額	生涯賃金相当の損害賠償額等、各種統計等を参考に設定
故障時の 標準的な 災害 発生確率 (%)	支持物類（鉄塔、電柱） 倒壊に伴う死亡災害および火災	[倒壊に伴う死亡災害] 平均的な人口密度（人/km ² ）において、 鉄塔、電柱倒壊範囲（m ² ）内に人が存在 する確率	自治体公表データおよび鉄塔 および電柱の標準的な高さ等 を参考に設定
	電線類 断線に伴う感電死亡・重症災害、火災 機器類（柱上変圧器等） 漏油等に伴う火傷重症災害	[上記以外の災害] { 断線に伴う感電死亡・重症災害 倒壊・断線に伴う火災 漏油等に伴う火傷重症災害 各故障における災害の発生確率 （各災害発生件数／各故障発生件数）	過去の災害および故障実績等 （電気保安統計等）を参考 に設定
地域 補正係数		地域補正係数 （各設備施設箇所における可住地面積による 都道府県、市町村別人口密度／平均的な 人口密度）	当該設備の施設場所固有の 地域事情を考慮し、自治体公 表データ等を参考に設定

- 各設備が故障した際に起こる停電や災害に対する事業運営への追加的影響を金額換算した値を事業運営影響度と定義し、試行版としては、一般送配電事業者における運営影響想定額等を用いて設備毎に事業運営影響度を算出することとしてはどうか。

【事業運営影響度の算出】

算出式

$$\text{事業運営影響度 (円)} = \text{事業運営影響額 (円)} \times \text{故障時の事業運営に影響を及ぼす事象の発生確率 (\%)}$$

【事業運営影響度の定義と考え方】

[定 義] 各設備が故障した際に起こる停電や災害に対する事業運営への追加的影響を金額換算した値

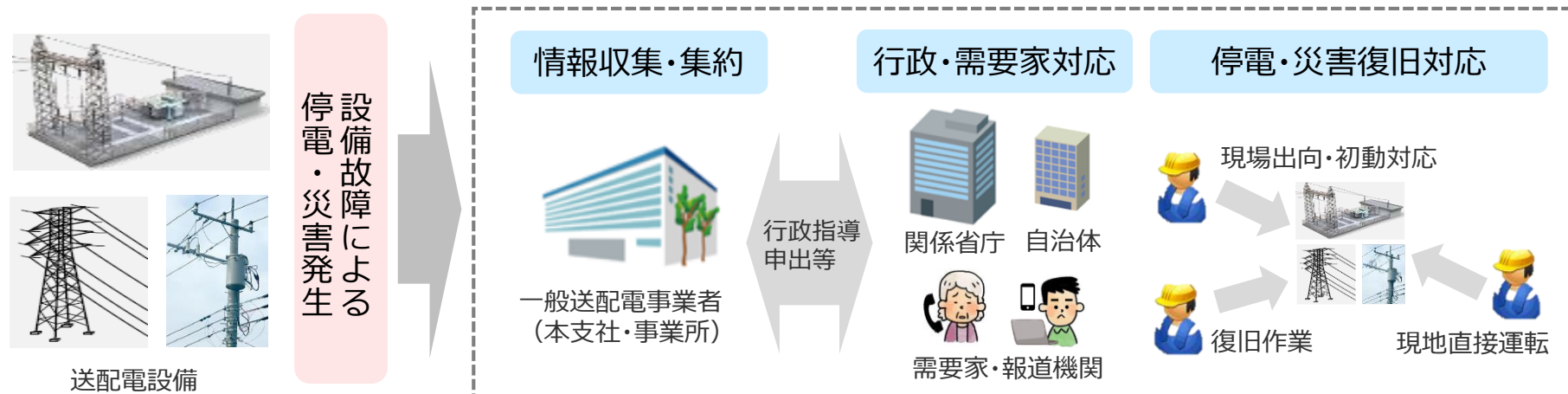
[考え方] 各設備の故障により想定される事業運営に及ぼす事象を設定した上で、その事象が発生した場合の事業運営想定額を「事業運営影響額(円)」とし、これに「故障時の事象の発生確率(%)」を乗じることで事業運営影響度を算出する。

【各設備の故障により事業運営に影響を及ぼす事象】

設備区分	設備種別 大分類 (品目)	事業運営に影響を及ぼす事象	設定の考え方
工務設備	鉄塔	各設備故障による停電、災害発生に伴い、電力事業の遂行に支障が生じる、または追加対応が必要となる事象 ・関係省庁、自治体からの行政指導等 ・需要家等からの申出（業務遂行の中断等） ・停電・災害の早期復旧に伴う緊急対応	各一般送配電事業者において過去発生した事業運営に影響する代表的な事象を設定
	電線		
	ケーブル		
	変圧器		
	遮断器		
配電設備	電柱		
	電線		
	ケーブル		
	柱上変圧器		

- 事業運営影響度算出にあたっては、各設備故障によって発生する停電、災害への各事象に対して、一般送配電事業者における標準的な対応費用をガイドラインで設定する。

【事業運営に影響を及ぼす事象イメージ】



【事業運営影響度算出に係る各設定値の考え方】

設定項目	事象	設定値	設定値の根拠
事業運営影響額 (円)	・関係省庁、自治体からの行政指導等 ・需要家等からの申出	各事象への対応額 (対応人件費等)	各一般送配電事業者の知見（過去の対応実績）を参考に設定
右記事象の発生確率 (%)	・停電、災害の早期復旧に伴う緊急対応	発生確率 (各設備の故障による停電、災害発生確率を設定)	原則、各設備の故障による停電、災害に伴い事業運営への影響が発生し得るという想定の下、各設備の故障による停電、災害発生確率を設定

- 本日は試行版ガイドラインにおけるリスク量の具体的な算定方法についてご説明。
- 本日のご議論・ご意見および料金制度の検討の動向等も踏まえつつ、次回は試行版ガイドラインの全体内容等について ご相談させて頂きたい。
- なお、リスク量の具体的な算定方法については、各項目ごとに必要な知見があることから、実際の試行の段階において有識者の意見を聴取しながら、その結果を本検討委員会の場にフィードバックすることとしたい。

<高経年化設備更新ガイドライン（仮称）目次案>

ガイドライン			マスプラ検討委員会			
章	節	項	第1回	第3回 (前回)	第5回 (本日)	第7回 (次回)
Ⅰ.総則	1.目的		●	●		
	2.用語		—	—	—	—
Ⅱ.設備リスク量の算定方法	1.基本的な考え方				●	試 行 版 の と り ま と め
	2.リスク量の算定対象設備			●		
	3.リスク量の算定方法	(1) 故障確率の算出方法			●	
		(2) 故障影響度の算出方法			●	
Ⅲ.工事物量算定の基本的な考え方	1.基本的な考え方（工事計画に係るリスク目標設定等）			●		
	2.工事物量算定の対象工事	リスク量に基づく工事物量算定の基本的な考え方		●		
(参考) Ⅵ. 付録	1.リスク量の算定対象設備および故障の定義				●	
	2.故障確率および故障影響度の各係数一覧				●	