

## 広域系統整備計画実施案に係るコスト等調査 (東北東京間連系線)

有限責任監査法人トーマツ

2016年7月29日

# 目次

1. 調査の概要	4
<hr/>	
2. 調査結果のまとめ	
2.1. 調査全体のまとめ	6
2.2. 工期	7
2.3. 費用	8
2.4. リスク分析	10
<hr/>	
3. 調査フロー	11
<hr/>	
4. 工期の考察	
4.1. 全体モデルによる分析	12
4.2. 積上げモデルによる分析	13
<hr/>	
5. 費用の考察	
5.1. 送電線工事	17
5.2. 開閉所工事	21
5.3. 送電線引出工事	22
<hr/>	
6. リスク分析	
6.1. リスクの定義・識別	23
6.2. 用地取得交渉の難航	25
6.3. 高所作業員の不足	27
6.4. 資材費・労務費のエスカレーション	30
<hr/>	

# はじめに

## 本資料の位置づけ

電力広域的運営推進機関(以下、広域機関)は、平成27年4月に東北東京間連系線(以下、本連系線)を活用して広域的取引の拡大を希望する電気供給事業者から、本連系線の広域系統整備に関する提起を受けた。また、送配電等業務指針に規定される広域的取引の環境整備に関する検討開始要件においても、長期計画の空容量において開始要件に適合している状況を確認した。

このような状況を踏まえ、広域機関は、同年4月に広域系統整備委員会において本連系線に係る広域系統整備の検討を開始し、同年9月に広域系統整備の基本要件及び受益者の範囲を決定した。

その後、同年12月に、設備の建設、維持及び運用の実施方策の案(以下、実施案)並びにこれを実施する事業者(以下、事業実施主体)の募集を開始した。東北電力株式会社が、この募集に対しての応募意思を表明し、平成28年5月に実施案を提出した。

本年8月に実施案を決定するにあたり、提出された実施案の概算工事費及び所要工期について、広域機関が妥当性の評価を行う必要がある。ここで、評価を行うにあたり客観性及び透明性が求められることから、当法人が委託を受け、第三者の立場で、実施案の概算工事費及び所要工期に関する調査を実施した。

本資料は、上記の調査結果をまとめたものである。

# 1. 調査の概要

➤ 実施案として提出された、送電線工事、開閉所工事、送電線引出工事、その他設備工事を対象とする。

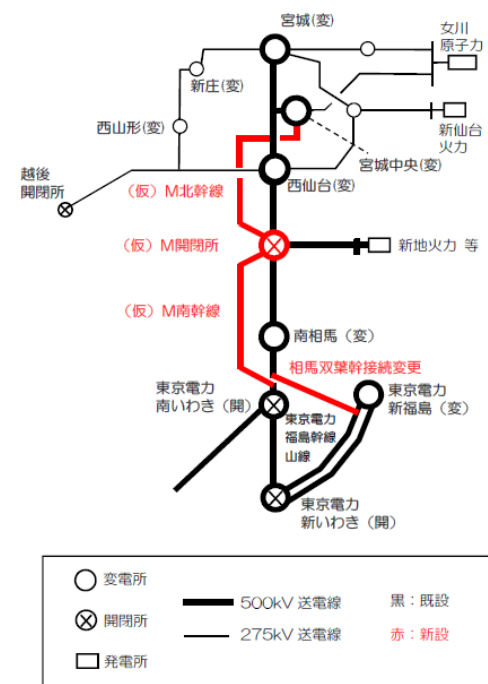
## 実施案の調査対象工事

- ✓ 広域機関が平成27年9月30日付で公表した基本要件に基づき、事業実施主体は、下記の工事を実施する。
- ✓ 実施案の総工事費は1,530億円、所要工期は11年。

### －工事概要＊－

箇所	概要
送電線	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 500kV 送電線新設           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 新設開閉所～相馬双葉幹線No.56 鉄塔 2回線 亘長 62km (仮称) M南幹線</li> <li>● 宮城中央変電所～新設開閉所 2回線 亘長 81km (仮称) M北幹線</li> <li>● 相馬双葉幹線No.54 鉄塔～福島幹線山線No.10 鉄塔 2回線 亘長 15km</li> </ul> </li> <li>➤ 新設開閉所への既設 500kV 送電線引込           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 常磐幹線 4回線</li> <li>● 新地火力線 2回線</li> </ul> </li> </ul>
開閉所	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 500kV 開閉所新設 (仮称) M開閉所           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 常磐幹線新地火力線分岐周辺 500kV 送電線引出 10回線</li> </ul> </li> </ul>
送電線引出	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 500kV 送電線引出           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 宮城中央変電所 2回線</li> </ul> </li> </ul>
その他設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 調相設備整備</li> <li>➤ 給電システム改修</li> <li>➤ 系統安定化システム整備</li> </ul>

### －概略ルート＊－



\* 平成28年5月に東北電力株式会社より提出された実施案より抜粋

# 1. 調査の概要

➤ 実施案として提出された工事は、送電線7箇所、開閉所新設1箇所、送電線引出1箇所、その他設備。

## 調査対象工事(リスト)

- ✓ 全体工事費に占める費用割合の大きなものから、①M北幹線新設工事( 〳 % )、②M南幹線新設工事( 〳 %、東京電力パワーグリッド(東電PG)分含む)、③M開閉所新設工事( 〳 %)となる。
- ✓ 工事実施会社は、東北電力(事業実施主体)と東京電力パワーグリッド(他者設備の工事実施会社)の合計2社。

区分	工事名称	対策工事概要	工事実施会社
送電線	② M南幹線新設	500kV2回線、亘長62km、鉄塔137基	東北電力
	M南幹線新設(東電PG分)	リレー取替2回線×2系列	東京電力パワーグリッド
	① M北幹線新設	500kV2回線、亘長81km、鉄塔187基	東北電力
	相馬双葉幹線接続変更	500kV2回線、亘長15km、鉄塔34基	東北電力
	相馬双葉幹線接続変更(東電PG分)	500kV2回線、亘長0.7km、鉄塔1基	東京電力パワーグリッド
	常磐幹線M開閉所引込	500kV4回線、亘長1.2km、鉄塔4基	東北電力
	新地火力線M開閉所引込	500kV2回線、亘長1.0km、鉄塔2基	東北電力
開閉所 ③	M開閉所新設	500kV、送電線引出10回線	東北電力
送電線引出	宮城中央変電所送電線引出	500kV、送電線引出2回線	東北電力
その他設備	調相設備整備	SR 60MVA×7台、SC 30MVA×4台	東北電力
	給電システム改修	給電指令所・技術センター制御所のシステム改修	東北電力
	給電システム改修(東電PG分)	中央給電指令所・基幹系統給電指令所のシステム改修	東京電力パワーグリッド
	系統安定化システム整備	安定化システム整備	東北電力

## 2. 調査結果のまとめ 2.1. 調査全体のまとめ

➤ 本調査全体のまとめは、下記の通り。

### まとめ

#### ■ 工期

- 類似の基幹送電線工事に関する過去の実績データと計画中・実施中のデータを基に当法人にて全体モデルを作成したところ、工期は10.5～12.7年となった。提出された実施案の工期は11年であり、全体モデルの範囲内に収まった。
- 一方、積上げモデルより求めた工期の9年と比べて、実施案の工期11年は2年長い。これは、両者の前提条件(含まれるリスク要因とリソースの制約)が異なるためである(詳細な考察は後述)。

#### ■ 費用

- 過去の類似基幹送電線工事に関する実績データを基に当法人で全体モデルを作成したところ、費用総額は1,586億円となった。提出された実施案の総額は1,530億円であり、全体モデルよりも56億円低い金額であった。

#### ■ リスク分析

- 実施案の工期は、事業実施主体の過去の実績を基に算定されたものであるため、不明者への対応や地権者との交渉難航等、被災地特有のリスク要因は見込んでいない。
- 実施案の費用についても、特殊なリスク要因は見込んでいない。
- 一方で、用地取得交渉の難航や高所作業員の不足等、影響度の高いリスク要因が潜在していることから、実施段階よりも前に、十分な対策を検討する必要がある。

#### 留意事項

- 現状の実施案については、今後、現地調査や詳細設計が進むにつれてリスク要因の不確実性が減少していく。よって、数年後の実施計画案の再評価時には、減少した不確実性を考慮した上で、評価を行う必要がある。
- 実施案の工期を短縮することは不可能ではないものの、必要な人員や機材を短期間に投入する必要があるため、現状よりも費用が増額となる場合もある。また、それだけの人員や機材を数年後に確保できるかどうか、現状、明らかでない。
- 提起者及び応募者の事業開始希望時期が平成29～35年度であること、及び、平成31年度以降の本連系線の東北から東京向け空容量が0万kWであることを踏まえると、可能な限り早期の系統整備が必要である。

## 2. 調査結果のまとめ 2.2. 工期

- ▶ 類似の基幹送電線工事に関する過去の実績データと計画中・実施中のデータを基に作成した、全体モデルの工期:10.5~12.7年と比較すると、実施案の11年は、全体モデルの範囲内に収まっている。
- ▶ 一方、積上げモデルより求めた工期:9年と比較すると、実施案の11年は2年長い。これは、両者の前提条件(含まれるリスク要因とリソースの制約)が異なるためである。

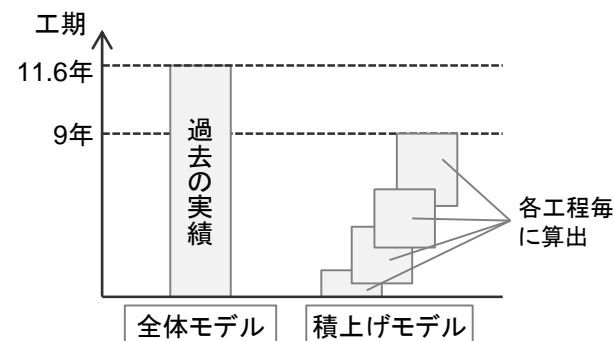
### モデルと実施案の比較

- ✓ 工期に関する全体モデルと積上げモデルを作成し、実施案との比較を行った。

モデル名	モデル作成の前提条件	工期 [年]		工期 [年]
① 全体モデル (過去の実績)	<ul style="list-style-type: none"> <li>類似の基幹送電線工事に関する、過去の実績データ(と計画中・実施中のデータ)を基にモデルを作成</li> <li>各工事を構成する各工程の内訳については不明</li> </ul>	10.5~12.7 (平均:11.6)	≒	③ 実施案 (事業実施主体の過去の実績)
② 積上げモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>ボトルネックとなるM南幹線・M北幹線新設工事の用地交渉・取得と施工について、各工程毎に工期を算出して積上げたモデル</li> <li>ボトルネックとなる工事の完了時期に合わせて、それ以外の工事もスライド調整可能であることを確認済。よって、ボトルネックとなる工事の工期=全ての工事の工期となる</li> </ul>	9	<	11

- ✓ 各モデルと実施案に含まれるリスク要因とリソースの制約は下記の通り。

	リスク要因	リソース(人・物・金)の制約
① 全体モデル	過去の実績を基にしているため、具現したリスク要因を含む	過去の実績を基にしているため、リソースの制約を考慮
② 積上げモデル	ヒアリング調査等を基に、発生確率の高いリスク要因のみ含む(本資料では、用地交渉・取得に1~2年程含む)	基幹送電線工事(40km以上)は、距離に関わらず同じ工期にて実施可能な十分なリソースを確保可能との前提
③ 実施案	事業実施主体の過去の実績に基づいて、現実的なリスク要因を含む	事業実施主体の過去の実績に基づいて、現実的なリソースの制約を考慮



## 2. 調査結果のまとめ 2.3. 費用(1/2)

➤ 当法人で全体モデルを作成して分析したところ、費用総額は1,586億円となった。今回提出された実施案の総額は1,530億円であり、全体モデルよりも56億円低く、基本要件の概算額よりも55億円低い金額であった。

### 全体モデルと実施案の比較

区分	工事名称	内容	費用 [億円]*1		
			全体モデル*3	実施案	基本要件の概算額
送電線	M南幹線新設	送電線工事費(62km)、用地取得費、調査測量費、電磁誘導対策費 他 除却費*2			
	M南幹線新設(東電PG分)	保護継電装置、通信装置 除却費			
	M北幹線新設	送電線工事費(81km)、用地取得費、調査測量費、電磁誘導対策費 他 除却費*2			
	相馬双葉幹線接続変更	送電線工事費(15km)、用地取得費、調査測量費、電磁誘導対策費 他 除却費*2			
	相馬双葉幹線接続変更(東電PG分)	送電線工事費(0.7km)、用地取得費、調査測量費、電磁誘導対策費 他 除却費			
	常磐幹線M開閉所引込	送電線工事費(1.2km)、用地取得費、調査測量費、電磁誘導対策費 他 除却費			
	新地火力線M開閉所引込	送電線工事費(1.0km)、用地取得費、調査測量費、電磁誘導対策費 他 除却費			
開閉所	M開閉所新設	引出設備(10回線)、設置工事、電気工事、土木工事 他			
送電線引出	宮城中央変電所送電線引出	引出設備(2回線)、設置工事、電気工事、土木工事 他			
その他	調相設備、系統安定化装置 他				
費用(総額)			1,586*4	1,530	1,585

\*1 有効数字3桁で記載

\*2 除却費を含めた場合の比較でも、過去実績のばらつきの範囲内に収まることを確認した(10km以上の送電線工事を対象)

\*3 (平均値－標準誤差)～(平均値＋標準誤差) : 類似工事に関する過去の実績を基に作成したモデル →次ページにて全体モデルと実施案の比較を図示

斜体数字

: 数字はデフォルト値を記載

\*4 モデルを作成した部分は、平均値を使用して算定 \*5 電磁誘導対策費(約10%)を除くと104億円

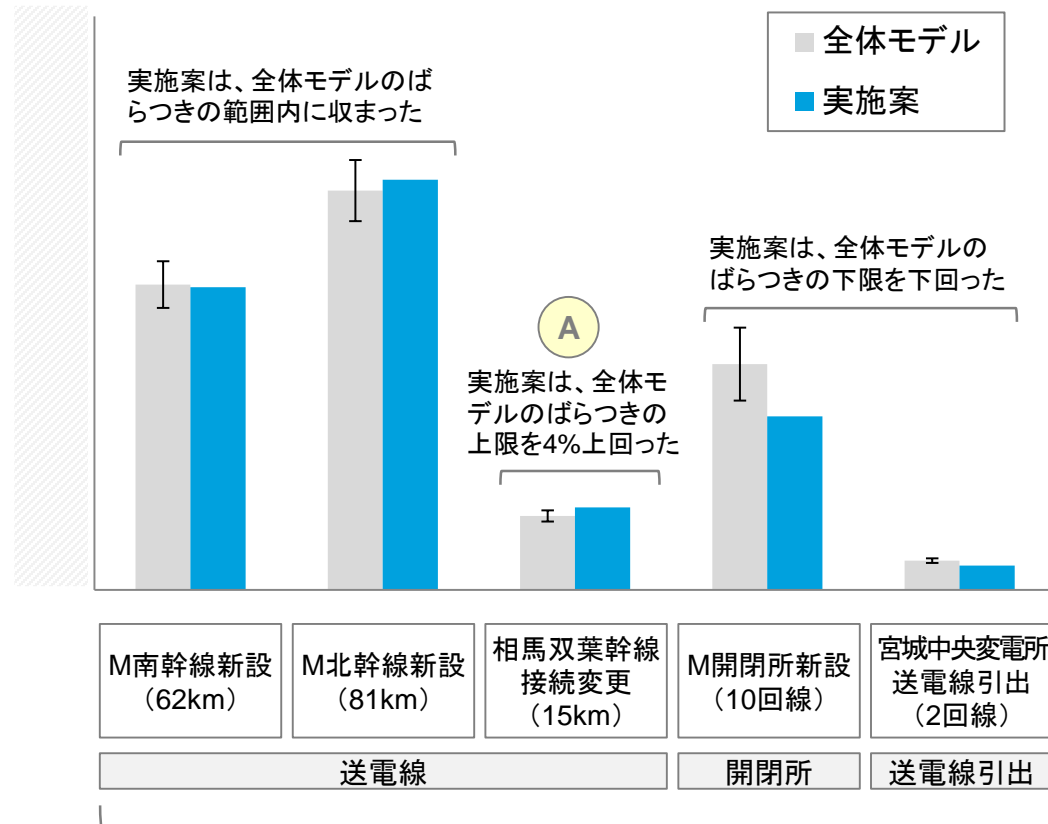


## 2. 調査結果のまとめ 2.3. 費用(2/2)

- 実施案費用全体(1,530億円)の91%を占める5つの工事について全体モデルを作成し、実施案との比較を行った。相馬双葉幹線接続変更工事のみ、全体モデルのばらつきの上限を4%上回ったが、電磁誘導対策費を除くと、全体モデルのばらつきの範囲内に収まった。

### 全体モデルと実施案の差分分析

(億円)



全体モデルのばらつき:  
平均値±標準誤差\*

\* 標準誤差:  
データ数(N)の平方根で割る分、標準偏差よりもばらつきが小さくなるため、より精緻な比較が可能

A 全体に占める割合が約10%と大きい電磁誘導対策費を除くと、全体モデルのばらつきの範囲内に収まった(差異の考察は後述)。

5つの工事費用の合計が、実施案費用全体(1,530億円)の91%を占める

## 2. 調査結果のまとめ 2.4. リスク分析

- 実施案の工期は、過去の実績を基に算定しているため、被災地特有のリスク要因は見込んでいない。
- 実施案の費用についても、特殊なリスク要因は見込んでいない。

### リスク分析のまとめ

- リスク分析の目的：  
本工事の工期及び費用に重要な影響を与える不確実なリスク要因を抽出し、現状のリスク認識を共有すると共に、数年後の実施計画案の再評価時に活用すること。
- 実施案に含まれるリスク要因の考察
  - 実施案の工期は、過去の実績を基に算定したものであるため、不明者への対応や地権者との交渉難航等、被災地特有のリスク要因については見込んでいない。
  - 費用についても、特殊なリスク要因は、今のところ見込んでいない。
- 不確実性のリスクがどの程度工期及び費用に影響するかの捉え方は、本工事の事業実施主体、施工業者、メーカーによって異なる。
  - 事業実施主体のリスク・・・全体を包括的に管理する必要があり、用地取得交渉等のように調整すべきステークホルダーが多いリスク要因を抱える
  - 施工業者のリスク・・・高所作業員の不足、特殊機材の老朽化、避難指示区域での作業における作業員の健康管理 等
  - メーカーのリスク・・・資材価格のエスカレーション、熟練工の不足、一部製品の製造ラインの減少 等
- 本工事の各工程についてリスクの識別を行った所、下記のようなことが分かった。
  - リスクが具現した場合に、工期及び費用に重要な影響を及ぼし、かつ、軽減対策が可能なリスクとして、用地取得交渉、高所作業員の不足、製造ライン・熟練工の不足、特殊機材の老朽化等が抽出された。
  - 10年先の工事をスケジュール通り実施するためには、鉄塔や電線の製造及び施工に必要な、専門性の高い作業員・業者の確保と、特殊技術の維持が必要である。そのためには、中長期的な工事計画に基づいた、安定的な業務量の確保が必要となる。

### 3. 調査フロー

- ① 収集したデータやヒアリング調査結果を基に、工期及び費用モデルを作成した。
- ② 次に、①で作成したモデルと、実施案の工期・費用との比較・分析を行った。
- ③ 最後に、工事を円滑に進めるための事前準備として、リスク分析を行った。

#### データ収集

実施案の概算工事費及び所要工期の比較対象データとして、下記に示す工事の情報を収集した。

- 比較対象データの収集
  - ・ 送電線工事
  - ・ 開閉所工事
  - ・ 送電線引出工事 等

#### ヒアリング調査

下記に示すヒアリング対象に調査を行い、費用及び工期に関する情報を得ると共に、課題の抽出を行った。

- ヒアリング対象(計10社)
  - ・ 電気事業者:2社
  - ・ 電線・変電設備メーカー:3社
  - ・ 施工業者:1社
  - ・ 関連協会 等:4社

#### ① モデルの作成

収集したデータを分析・統計処理し、工期及び費用モデルを作成した。

- 統計処理
  - ・ 工期及び費用に影響を与えるパラメータの分析
  - ・ 平均値とばらつき(標準誤差)の算出
- モデル
  - ・ 工期…全体モデル、積上げモデル
  - ・ 費用…全体モデル

#### ② 実施案との比較

- 当法人にて作成したモデルと、実施案の概算工事費及び所要工期との比較を行い、両者の差異を分析した。
- 工期については、ボトルネックとなる工程を抽出した上で、積上げモデルを作成し、実施案との比較を行った。

#### ③ リスク分析

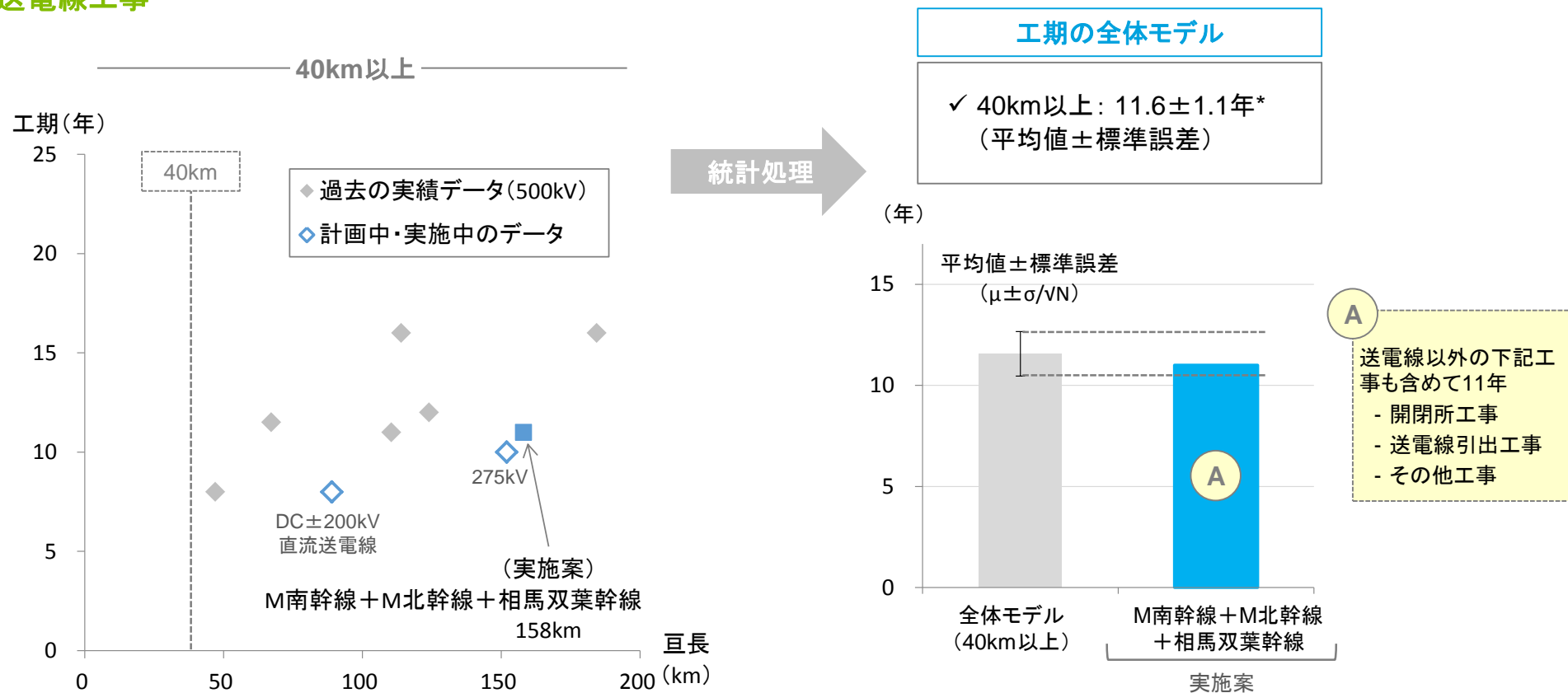
調査測量、用地交渉・取得、施工等の各工程毎に、リスク要因を識別した上で、リスクの軽減手法について検討した。

- リスクの識別
  - ・ 工事の各工程で想定されるリスクの抽出と工事への影響度の分析
- リスクの軽減手法
  - ・ 重要かつ対策可能なリスクについて、軽減手法を検討

## 4. 工期の考察 4.1. 全体モデルによる分析

- 実施案の工期11年は、類似の基幹送電線工事に関する過去の実績データ及び計画中・実施中のデータを基に作成した全体モデルの、ばらつきの範囲内に収まった。
- 一方、全体モデルでは、各工程の詳細と含まれるリスク要因が不明であるため、単純な比較ができない。

### 送電線工事



\* 第12回広域系統整備委員会の資料2\_別紙において分析した過去の実績データから、40km未満のデータ2点と、途中で中断のあったデータ(工期:20年)1点の計3点を除き、計画中・実施中のデータ2点を追加して、全体モデルを作成

## 4. 工期の考察 4.2. 積上げモデルによる分析(1/4)

- 前節では、全体モデルとの比較を行ったが、各工程の詳細と含まれるリスク要因は不明である。
- 本節では、各工程毎に係る期間を分析し、ボトルネックとなる工程について、積上げモデルによる分析を行う。

### 各工程に係る期間

- ✓ まず、主要工事である、M南幹線新設工事、M北幹線新設工事、相馬双葉幹線接続変更工事、M開閉所新設工事について、各詳細工程に係る期間を調査し、ボトルネックとなる工程を抽出した。

(単位：年)

工程	送電線			M開閉所	
	M南	M北	相馬双葉*		
調査測量	ルート・地権者等調査	2.5	1.5	1.5	0.8
	① 測量、地表・地質調査	5.5	4	3	2.5
	通信調査	1	4	1	—
	行政等への事業説明	1.5	1.5	1.5	1
関係法令許認可等	電気事業法	0.3	0.3	0.3	3.5
	② 環境アセスメント	6	4	3.5	
	③ その他許認可等手続き	9.5	9.5	7.5	
用地交渉・取得	地権者との立入交渉	4	3.5	2.5	1.5
	④ 用地取得・補償交渉等	7.5	8	6.5	1.5
設計・発注・製作	設計	3.5	2.5	2.5	4
	通信設計	—	4	—	3
	資材発注・製作	3.5	3.5	4	4
施工	仮設工事	2	1.5	1	—
	土木・建物工事	—	—	—	4.5
	鉄塔・架空線・通信工事	3	5	3.5	—
	据付・電気工事	—	—	—	2.5
	⑤ 電磁誘導調査・対策	4	7	4	—
	⑥ 電波障害調査	8	9	7	—
試験	諸試験	0.3	0.3	0.3	1

#### 5年以上かかる工程の分析

- ✓ ヒアリング調査の結果、5年以上かかる工程について、下記のように分類することができる。

- 断続的であり、他工事との兼ね合い次第で、短縮可能な工程

② 環境アセスメント

③ その他許認可等手続き

⑤ 電磁誘導調査・対策

⑥ 電波障害調査

- ボトルネックとなる工程

① 測量、地表・地質調査

④ 用地取得・補償交渉等

→ 次ページにて分析

\* 東電PG分を除く

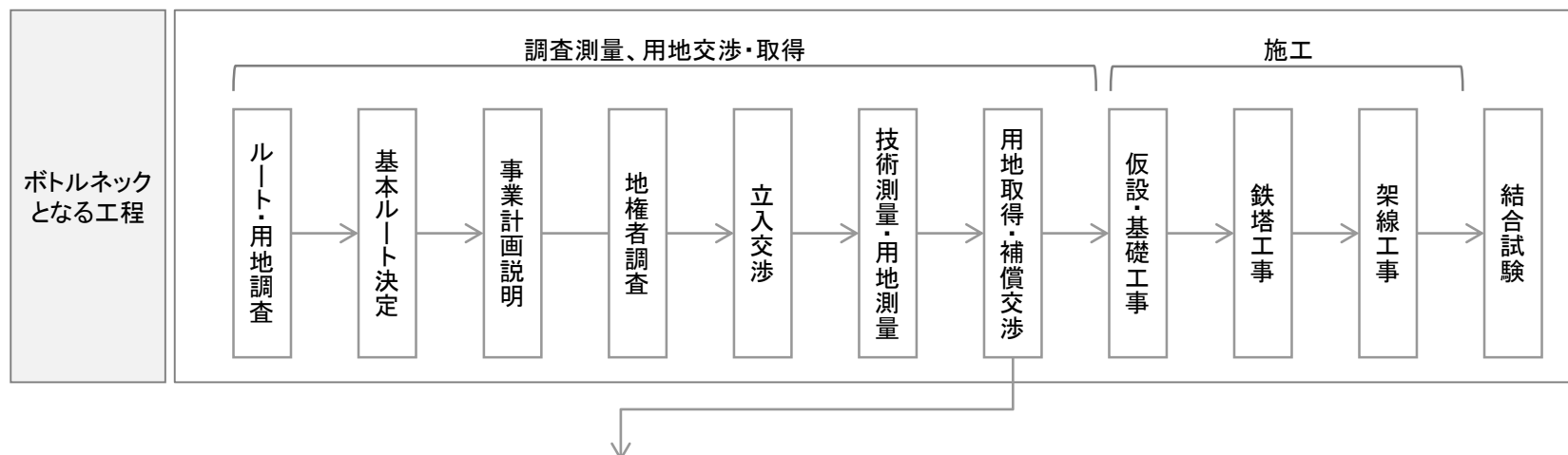
5年以上

## 4. 工期の考察 4.2. 積上げモデルによる分析(2/4)

- ボトルネックとなる調査測量、用地交渉・取得を中心に、全体工期の算定に必要な施工と試験も合わせて、その中身の分析を行う。

### ボトルネックとなる工期の詳細分析

- ✓ ヒアリング調査結果より、全工事の中で最もボトルネックとなるのは、M南幹線・M北幹線新設工事である。
- ✓ その内、ボトルネックとなる「測量、地表・地質調査」と「用地取得・補償交渉等」の工期を中心に、これらに影響を受ける施工の工程も含めて分析を行う。
- ✓ ボトルネックとなる工程の主な流れは下記の通りである。



- 任意取得で用地を取得できない場合は、「収用手続(事業認定手続、裁決手続)」へ移行することとなる。
  - 国土交通省の直轄の公共事業については、用地取得率が80パーセント、又は、用地幅杭の打設から3年のいずれか早い時期に、収用手続に移行するものとする(国総国調第191号)とある。
  - 事業認定手続は、申請受理から認定・告示までに標準3ヶ月かかる。それ以外に、事前協議、事前説明会等を含めると、6ヶ月程かかるものと推測される。
  - 土地収用の裁決に係る期間は、東京都の事例で平均約1年、最長で3年程度である。(右表参照)
- 事業者によっては、用地取得後の地権者との関係性もあり、規定の時期が来ても収用手続に移行せず、なるべく任意取得に時間をかけて解決するケースがある。

	件数	平均[年]	最短[年]	最長[年]
平成22年度	18	1.0	0.5	2.6
平成23年度	36	1.1	0.4	1.7
平成24年度	28	1.2	0.5	2.0
平成25年度	27	1.1	0.5	2.3
平成26年度	27	1.1	0.5	3.0

出所: 東京都収用委員会ホームページ

## 4. 工期の考察 4.2. 積上げモデルによる分析(3/4)

- 当法人にて積上げモデルを作成した結果、全体工期は9年と推定できる。この9年には、発生確率の高いリスク要因のみが含まれている。

### 工期の積上げモデル

- ✓ 当法人にて工期の積上げモデルを作成したところ、工期は9年程となった。(下図参照)
- ✓ 本積上げモデルは、類似基幹送電線や他工事等の実績を基に各パーツ(工程)を作成しているため、これら実績に含まれる発生確率の高いリスク要因のみを見込んでいる。
- ✓ 本積上げモデルは、十分な作業リソース(人・物・金)の確保により、距離に関わらず同じ工期で実施可能との前提に立っている。



\* 地権者との契約締結等に伴い権利確保した用地の割合

※横棒の高さは、業務密度の高低に比例

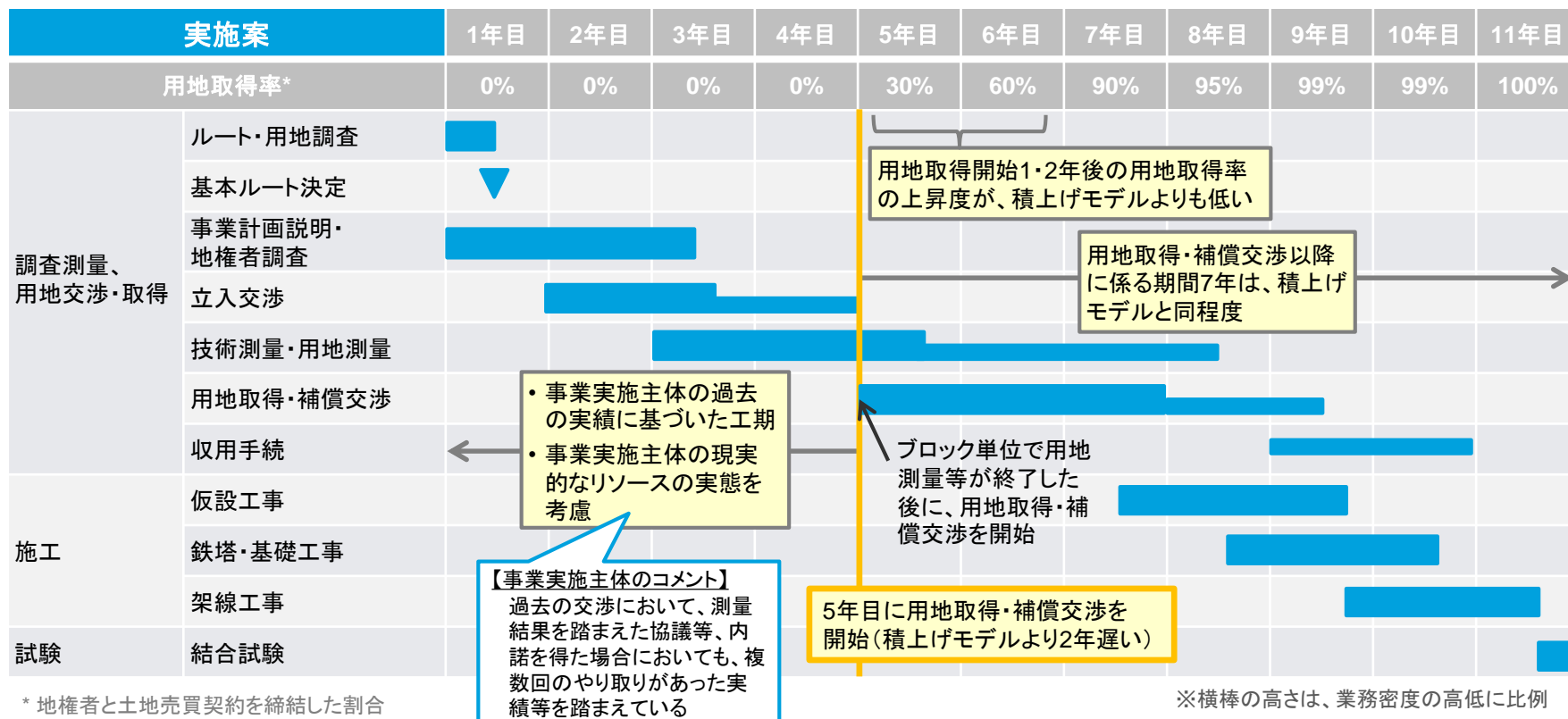


## 4. 工期の考察 4.2. 積上げモデルによる分析(4/4)

➤ 前ページの積上げモデルと実施案の差異を分析した結果、用地取得・補償交渉を開始するタイミングの違いが、全体工期の違いに支配的に影響していることが分かった。

### 積上げモデルと実施案の差異分析

- ✓ 前ページの当法人で作成した積上げモデルと比較して、実施案は、用地取得・補償交渉の開始タイミングが2年遅い。
- ✓ 下記実施案は、事業実施主体の過去の実績に基づいた工期である。なお、地権者との契約締結を開始する時期が5年目以降となっており、事業実施主体の現実的な作業リソース(人・物・金)を考慮したものとなっている。

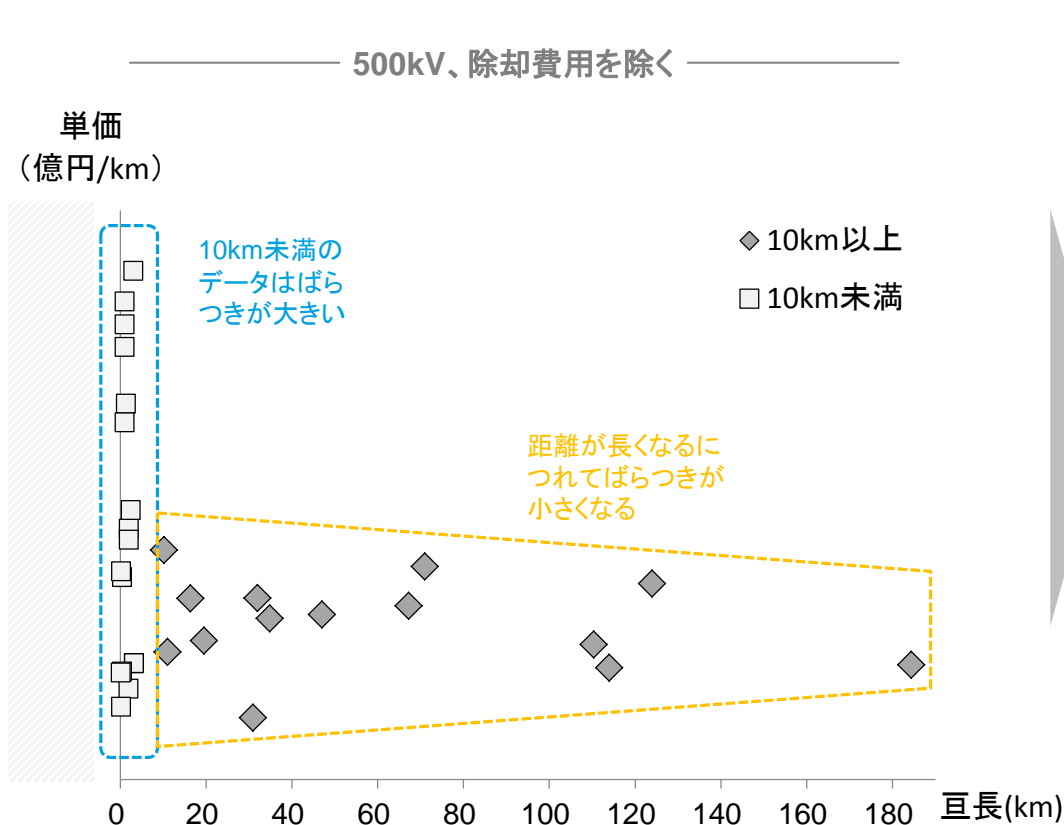




## 5. 費用の考察 5.1. 送電線工事(1/4)

- 実績データを基に送電線工事費用のkm単価を調べると、亘長10kmを境界として、データのばらつき方が異なる。本調査では、ばらつきが小さい亘長10km以上のデータを対象にモデル化を行う。一方、ばらつきが大きい亘長10km未満のデータは、モデル化が困難なため、参考データとして扱う。

### 過去の実績データの分析



### 送電線工事単価の分析結果

亘長が10km以上の送電線工事の単価については、距離が長くなるにつれてばらつきが小さくなる一方で、10km未満の送電線工事の単価は、ばらつきが大きい。



### 本調査での分析方針

亘長が10km以上と10km未満に分けて、費用の分析を実施。

#### (亘長10km以上)

モデルを作成し、実施案と比較

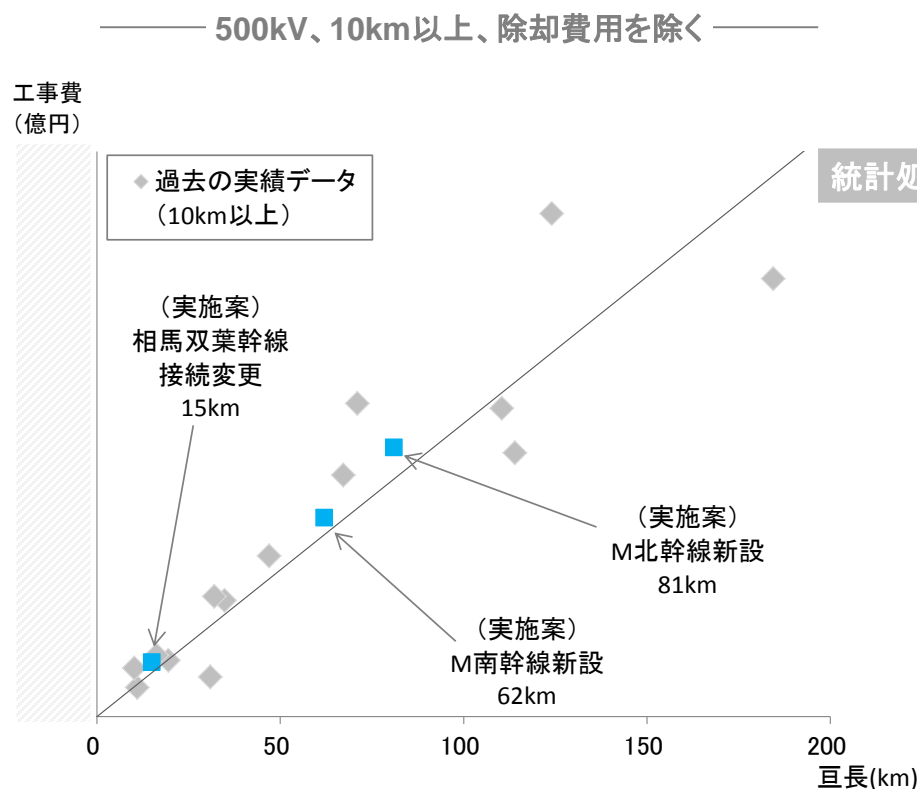
#### (亘長10km未満)

モデル化が困難なため、過去の実績データと実施案の比較のみ実施


## 5. 費用の考察 5.1. 送電線工事(2/4)



- 過去の実績データの内、亘長10km以上のデータを基に、500kVの送電線工事の費用の全体モデルを作成したところ、 億円/kmとなった。

### 費用の全体モデルの作成



### 費用の全体モデル

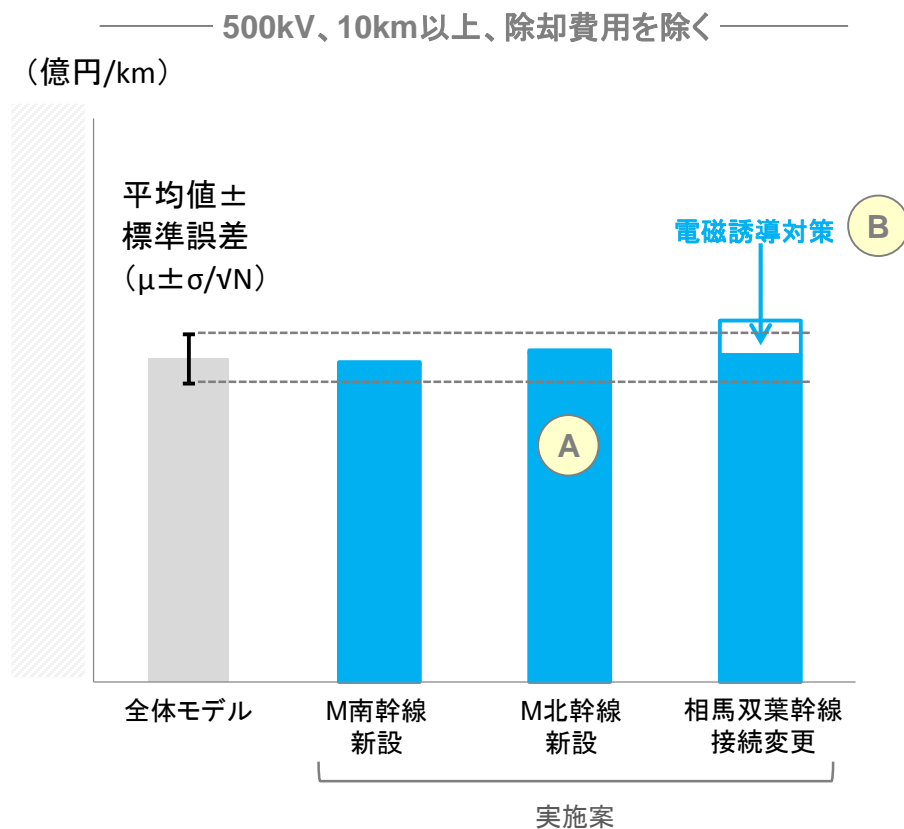
- ✓ 単価:  億円/km\*(平均値±標準誤差)
- ✓ 内訳:
  - 鉄塔工事:電線工事 = 3:1
  - (鉄塔工事)工費:材料費:用地取得・調査費=5:1:1
  - (電線工事)工費:材料費=1:1

\* 第12回広域系統整備委員会の資料2\_別紙において、500kVの送電線工事の単価を  億円/kmとして報告。この数値は、275kVの単価  億円/kmに、500kVと275kVの単価比率(電気事業者へのヒアリングより推定)を乗じて算出。今回は、左図の過去の実績データを統計処理して算出

## 5. 費用の考察 5.1. 送電線工事(3/4)

- 当法人で作成した全体モデルと比較して、実施案のM南幹線・M北幹線新設工事共に、送電線工事の単価は全体モデルのばらつきの範囲内に収まった。
- 相馬双葉幹線接続変更工事については、電磁誘導対策を除くと、全体モデルのばらつきの範囲内に収まる。

### 費用の全体モデルと実施案の比較



A

M北幹線新設は、M南幹線新設よりも4%程費用が高い。これは、M北幹線は、急峻な山地の経過が多く、平均径間長が短くなるためである。

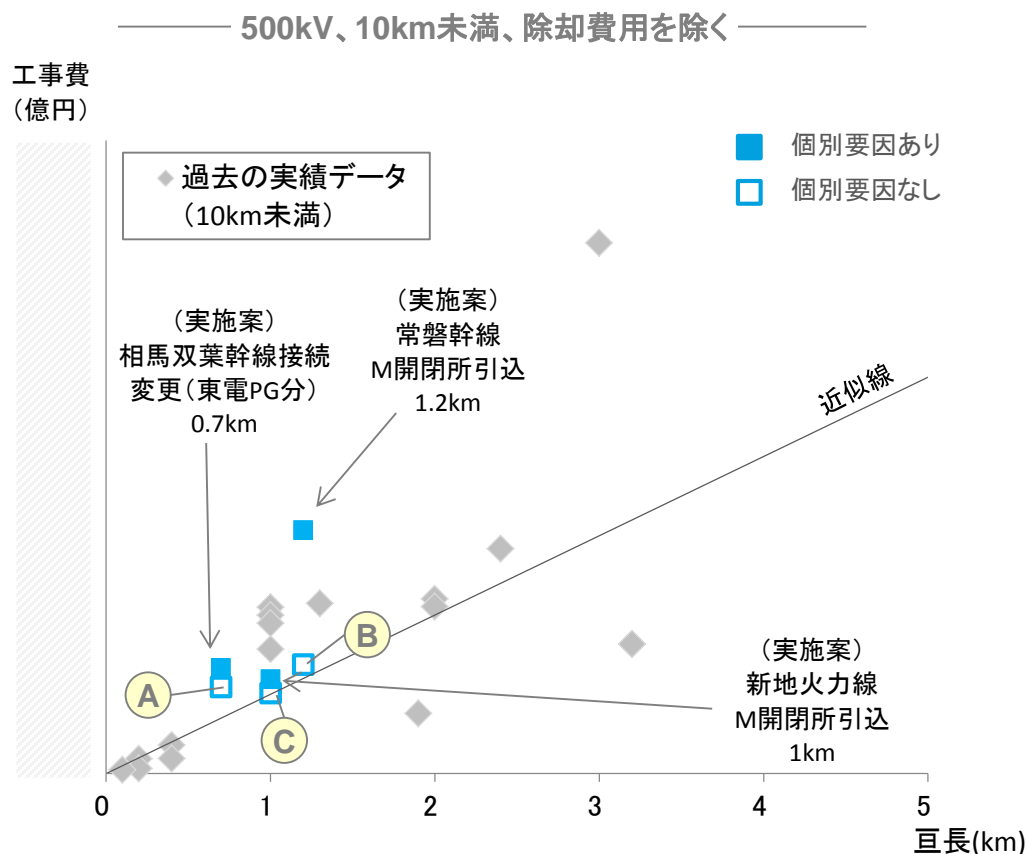
B

電磁誘導対策費が全体に占める割合は、M南幹線新設及びM北幹線新設共に1%未満であるのに対し、相馬双葉幹線接続変更は約10%であった。相馬双葉幹線接続変更の数値が高い理由として、既設送電線に並行する電磁誘導対策費の割合が大きいこと、当該地域の大地の導電率が低いことが挙げられる。

## 5. 費用の考察 5.1. 送電線工事(4/4)

- 本分析は、データのばらつきが大きい亘長10km未満の送電線工事を対象としているため、参考扱いとする。
- 保護継電装置、送電線の回線数(常磐幹線M開閉所引込のみ4回線)、電磁誘導対策等の、費用増の個別要因を取り除くと、3つの工事共に、過去の実績データより作成した近似線に近づいた。

### 過去の実績データと実施案の比較(10km未満、参考)



A

#### ■ 相馬双葉幹線接続変更 (東電PG分)

本工事に占める保護継電装置費の割合は約18%と大きい。本費用を取り除くと、左図の近似線に近づいた。

B

#### ■ 常磐幹線M開閉所引込

本工事のみ、送電線を4回線引込む工事である(他は2回線)。加えて、本工事の電磁誘導対策費は約10%と大きい(相馬双葉幹線接続変更(東電PG分)の電磁誘導対策費は約2%)。これら費用増の要因を取り除くと、左図の近似線とほぼ同等となった。

C

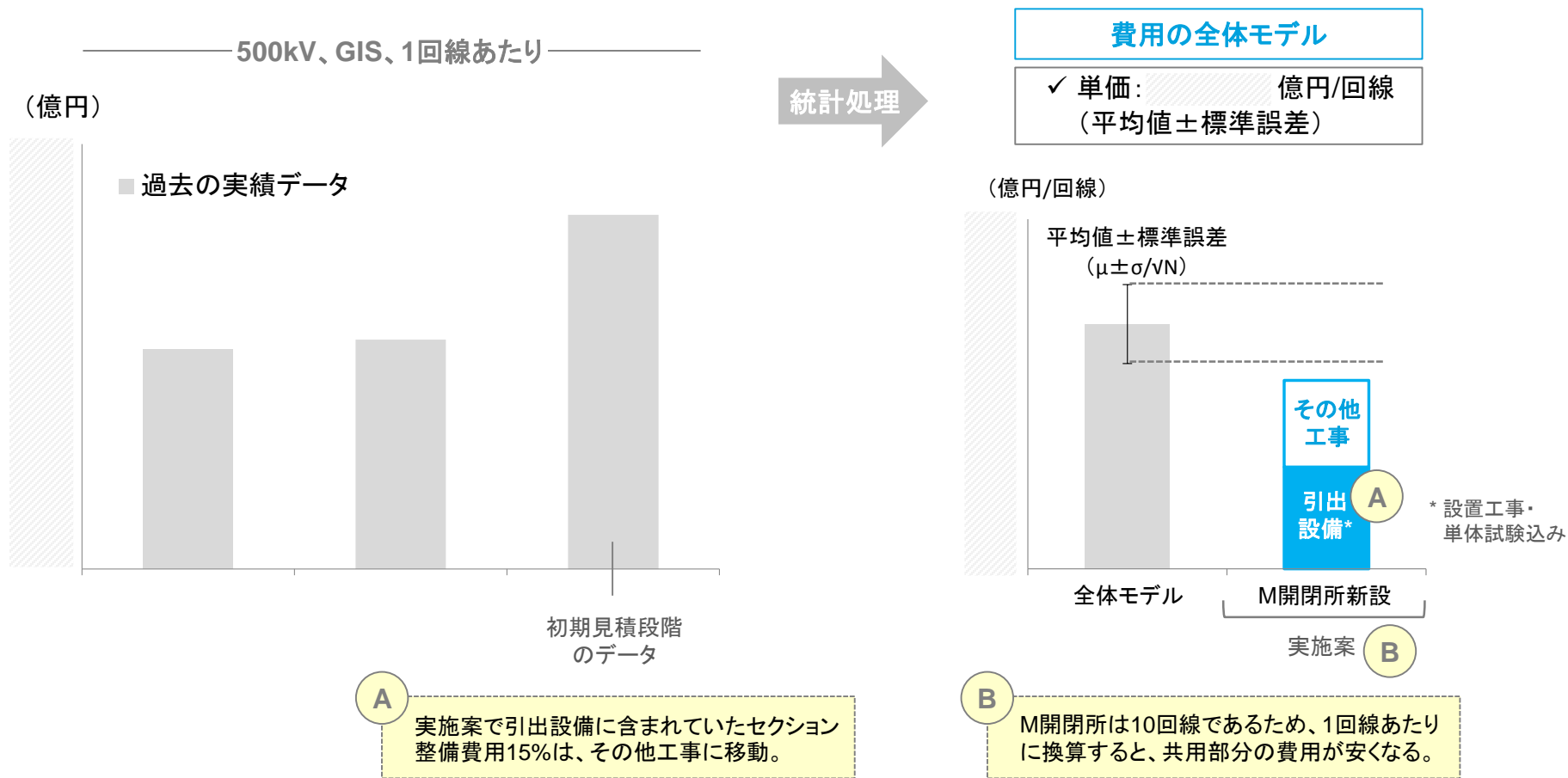
#### ■ 新地火力線M開閉所引込

本工事の電磁誘導対策費は約15%と大きい。本費用を取り除くと、左図の近似線に近づいた。

## 5. 費用の考察 5.2. 開閉所工事

- 過去の実績データを基に、開閉所工事の費用の全体モデルを作成したところ、**1.5** 億円/回線となった。
- 全体モデルと比較して、実施案のM開閉所新設工事は、全体モデルのばらつきの下限を下回った。M開閉所新設工事の内、引出設備(500kV、GIS)の費用は約半分を占める。

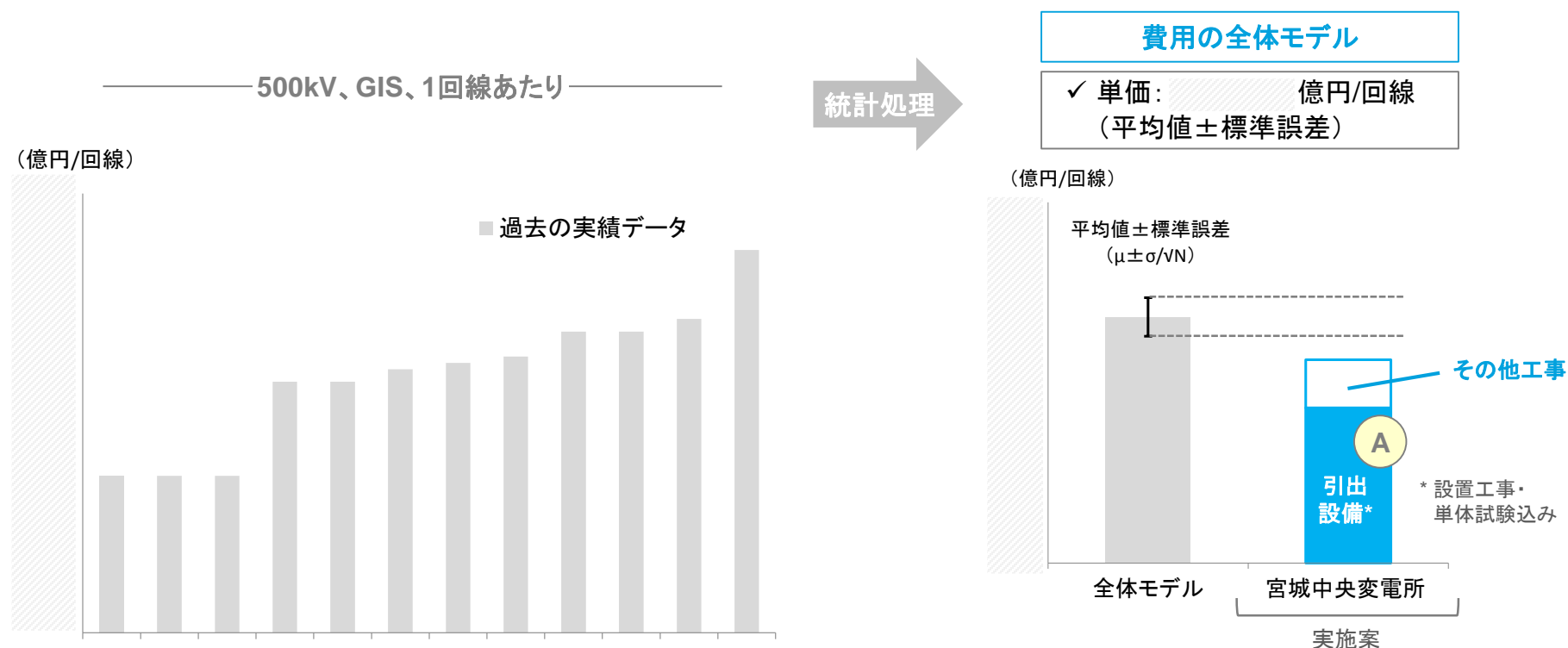
### 費用の全体モデルと実施案の比較



## 5. 費用の考察 5.3. 送電線引出工事

- 過去の実績データを基に、送電線引出工事の費用の全体モデルを作成したところ、**約 1.5 億円/回線**となった。
- 全体モデルと比較して、実施案の宮城中央変電所の送電線引出工事は、全体モデルのばらつきの下限を下回った。なお、実施案の内、引出設備(500kV、GIS)の費用は約75%を占める。

### 費用の全体モデルと実施案の比較



A

引出設備\*の価格は約 **1.1 億円/回線**となり、全体の75%を占める。なお、この価格は、M開閉所新設工事の引出設備と同等である。

## 6. リスク分析 6.1. リスクの定義・識別(1/2)

- 本調査におけるリスク分析の目的は、本工事の工期及び費用に重要な影響を与える不確実なリスク要因を抽出し、十分な事前準備を検討すると共に、リスクが具現した場合の工期及び費用に対する影響度を評価することである。

### リスクの定義と捉え方

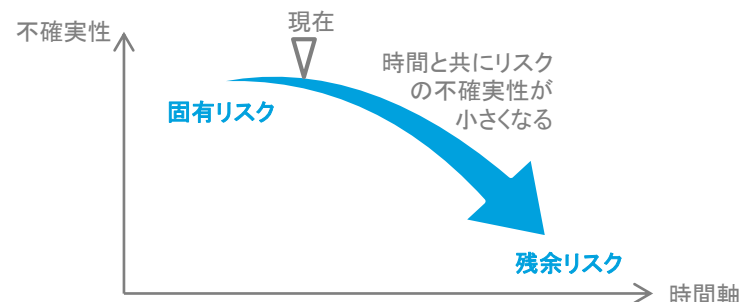
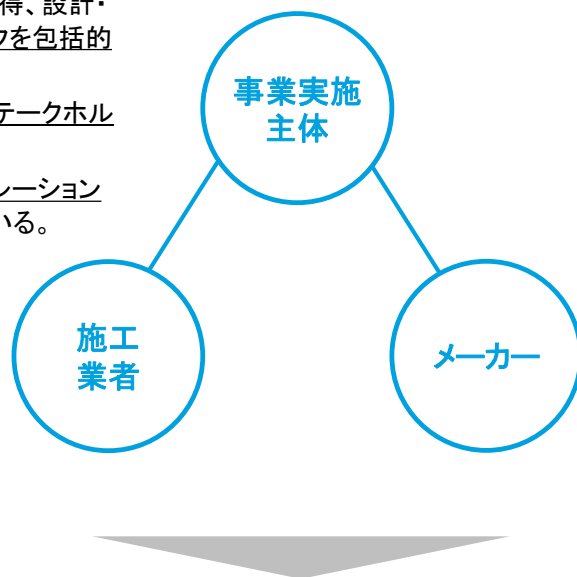
- ✓ ここで言うリスクとは、「事態の確からしさとその結果の組合せ、又は、事態の発生確率とその結果の組み合わせ(JIS Q2001)」を表すものである。
- ✓ 不確実性のリスクがどの程度工期及び費用に影響するかは、本工事の事業実施主体、施工業者、メーカー、それぞれの視点で異なり、また、時間が経つにつれてその不確実性も小さくなる。(下図参照)

#### 事業実施主体のリスク

- 調査測量、関係法令許認可、用地交渉・取得、設計・発注・製作、施工、試験等の全工程のリスクを包括的に管理し、全体最適化を行う必要がある。
- 地権者や関係省庁等、交渉・調整を行うステークホルダーが多い。
- 将来の資材費・労務費については、エスカレーションが発生しないとの前提で、費用を算定している。

#### 施工業者のリスク

- 高齢化や若手人材の不足等により、将来的に高所作業員の不足が予想される。
- 特殊機材が老朽化している中、それを製造するメーカーの減少と、機材更新に係る費用の捻出が課題となる。
- 避難指示区域での作業は、作業員の健康管理が必要となる。



#### メーカーのリスク

- 資材価格のエスカレーション分をリスクヘッジする必要がある。また、入札価格が低い場合は、応札すら困難な状況となる。
- 製品によっては、熟練工の手作業による加工が必要なものもあるが、熟練工が減少している。
- 送電線工事の減少に伴い、一部製品の製造ラインも減少している。製造ラインは短期間で準備できない。

- ✓ 中長期的な計画立案による作業量の平準化等、リスクを適切にマネジメントすることが重要である。
- ✓ 事業実施主体は、施工業者やメーカーの視点も含めた、包括的なリスク管理が必要となる。

## 6. リスク分析 6.1. リスクの定義・識別(2/2)

- 各工事工程毎にリスク要因を抽出した上で、リスク要因が具現した場合に工期または費用に対する影響度が高く、かつ、軽減対策が可能なリスク要因の識別を行った。

### 各工程に内在するリスクの識別

- ✓ リスク要因が具現した場合の、工期及び費用に与える影響度を、H(高)、M(中)、L(低)で表現した。
- ✓ リスクの軽減対策が可能な要因については、軽減手法を検討した。

工程	リスク要因	リスクの影響度*1		リスクの軽減対策	
		工期	費用	軽減手法	可否*2
調査測量	詳細調査段階での送電ルート変更	M	L	—	×
	電波障害への対応	L	M	—	×
	移動無線エリアの追加	L	M	—	×
関係法令許認可	国有林野内の森林施業アセスメント	M	L	法改正による環境アセスメントの短縮化	△
	希少動植物・猛禽類の生息	L	L	—	×
	埋蔵文化財包蔵地の存在	L	L	—	×
	騒音・景観対策	M	L	防音柵の設置や送電ルートの変更	○
	土砂災害・水害防止への対応	L	L	—	×
用地交渉・取得	被災地域での建設反対運動	H	H	地元のステークホルダーとの信頼性構築	○
	地権者の立会い・交渉拒否	H	M	地権者との信頼性構築	○
	地権者の所在が不明	M	M	土地収用法、重要送電設備等指定制度の活用	○
設計・発注・製作	資材費・労務費のエスカレーション	L	M	発注方式の見直し、先物取引によるリスクヘッジ	○
	設計変更による追加工事費の発生	L	M	十分な事前調査による、不確定要素の低減	○
	製造ライン・熟練工の確保	H	M	中長期の工事計画立案による維持	○
	詳細設計段階での設計変更	M	M	—	×
	資機材の納期遅れ	M	M	早期の工事計画の提示	○
施工	高所作業員の不足	H	H	工事量平準化、若手人材育成、待遇面の改善	○
	特殊機材の老朽化	H	M	中長期の工事計画立案による円滑な設備投資	○
	地盤・耐震対策	M	M	—	×
	航空障害標識の設置	L	L	—	×
	阿武隈高地北部の巨レキ対策	M	M	—	×
	防災調整池の拡張	M	M	—	×
	既設設備の停止制約	M	M	仮鉄塔建設等の仮設工事	○
	潮流状況等の系統条件への対応	M	M	—	×
試験	電磁誘導対策	M	M	—	×
	費用負担者との協議不調	H	L	費用負担の協議に関するルールの取り決め	△
全体	事業認定の認可難航	H	L	申請書類の適切かつ迅速な作成	△
	大規模な自然災害の発生	H	H	—	×

なお、実施案は、事業実施主体の過去の実績を基に作成されているため、不明者への対応や地権者との交渉難航等、被災地特有のリスク要因は見込んでいない。

■ 影響度が「H」で、かつ、軽減可能なリスク要因の内、下記2つについて、次ページ以降にて詳細分析を実施する。

1. 用地取得交渉の難航
2. 高所作業員の不足

■ また、下記項目についても、詳細分析を実施する。

3. 資材費・労務費のエスカレーション

\*2 自然環境に関連する要因や現場での調査を実施してはじめて詳細が明らかになる要因については、軽減対策が不可(×)と定義

\*1 リスク要因が具現した場合の影響度 H(高)、M(中)、L(低)



## 6. リスク分析 6.2. 用地取得交渉の難航(1/2)

- 本工事においては、用地取得交渉が、最も重要なリスク要因の一つとして挙げられる。このリスクを軽減するために、各種制度や外部専門家の活用等が考えられる。

### 用地交渉・取得を円滑化するための対策

- ✓ 用地取得交渉のリスク要因は、「地権者との交渉」と、「地権者の所在不明」に大別することができる。
- ✓ 今回の工事では、M南幹線新設工事の一部が被災地を通過するため、地権者が不明の場合の対策を迅速化し、予定スケジュールに沿って工程管理することが重要となる。

リスク要因	対策	効果
<b>■ 地権者との交渉</b> - 被災地での建設反対運動 - 地権者の立会い・交渉拒否	① 事業目的に関する地元への丁寧な説明・理解の共有 ② 地権者との定期的な情報共有による信頼性構築	① 建設反対運動の未然防止と、発生した場合の早期沈静化が可能となる。 ② 事業計画の進捗を定期的に知ること、現状の課題・認識の共有が可能となる。
<b>■ 地権者の所在不明</b>	③ 土地収用制度の不明裁決の活用 ④ 不在者財産管理制度の活用	③ 用地を管轄する法務局に補償金を供託することで、用地の収用が可能となる。 ④ 不在者財産管理人と土地の売買契約を締結することにより、用地取得が可能となる。

上記業務の一部を、補償コンサルタントや司法書士等へ外部委託することで、マンパワー不足の解消と、業務の迅速化が可能となる

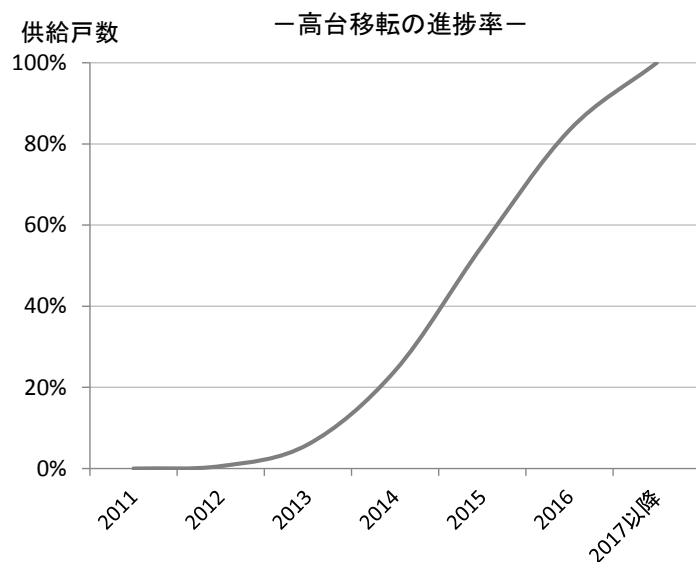
## 6. リスク分析 6.2. 用地取得交渉の難航(2/2)

- 用地取得交渉における不確実性の高いリスク要因として、被災地における不明者数が挙げられる。不明者に対しては、早めの対策を講じることで、用地取得を円滑化することが必要である。

### 被災地での用地取得の事例

#### ■ 高台移転

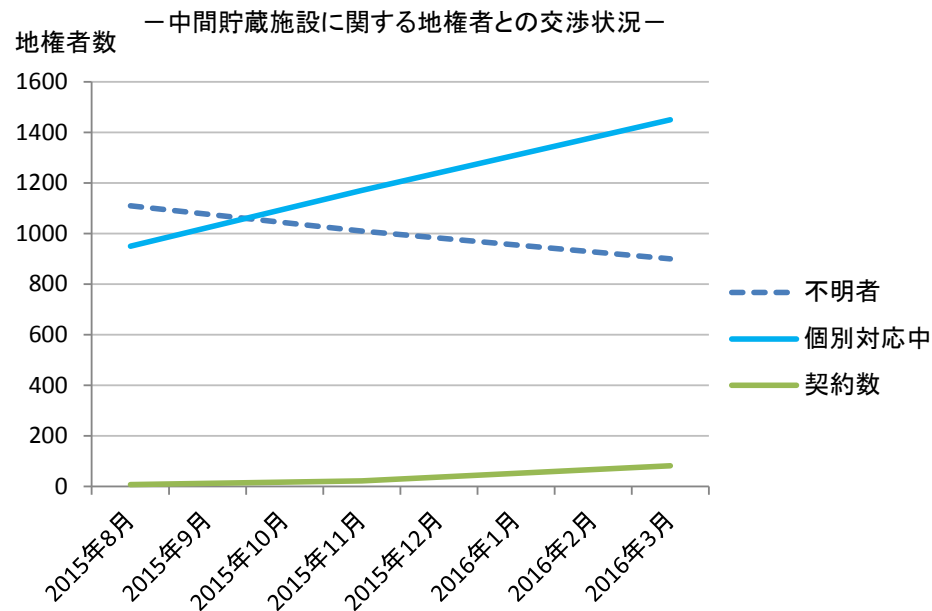
- 東北の被災地(岩手県、宮城県、福島県)における高台移転について、民間住宅等用宅地と災害公営住宅の供給戸数について分析した。
- 下図より、震災後5年で、約46,000戸の内、83%の民間住宅等用宅地と災害公営住宅を供給している。



出所: 復興庁「住まいの復興工程表」

#### ■ 中間貯蔵施設(福島県大熊町・双葉町)

- 環境省によると、2016年3月末時点で、全地権者2,365人の内、1,190人(50%)が補償額算定のための調査に同意したとのこと。面積に換算すると、予定敷地面積の約6割となる。
- 一方で、全地権者2,365人の内、依然として890人(38%)の連絡先が把握できていない。



出所: 環境省、中間貯蔵施設に関する資料を基に、一部当法人にて推定

## 6. リスク分析 6.3. 高所作業員の不足(1/3)

➤ 東北東京間連系線と東京中部間連系線の工事時期が重なった場合、2025年度に1,200人程の高所作業員の不足が予想される。

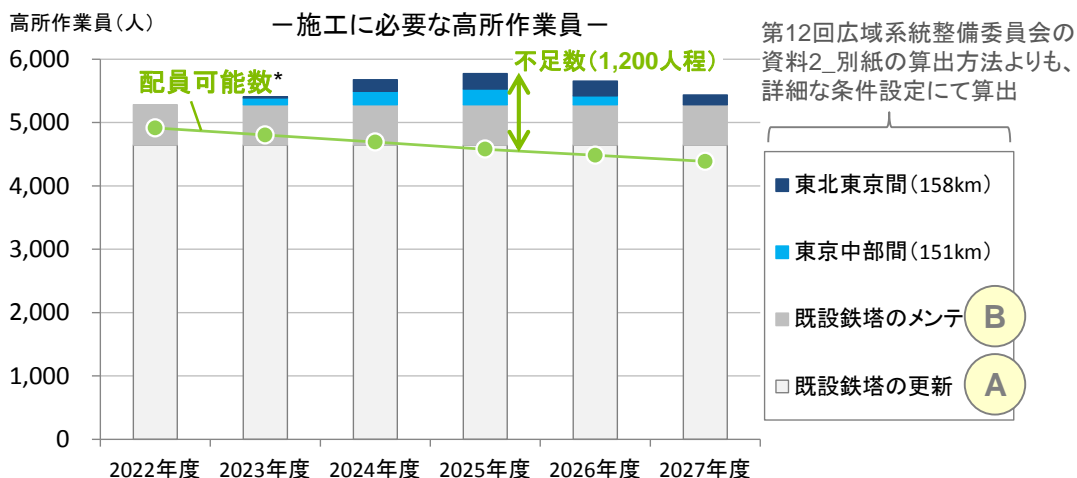
### 高所作業員の不足数の推定

#### ■ 背景と目的

- 東北東京間連系線と東京中部間連系線の工事時期が重なった場合、両工事共に、亘長150kmクラスの大型の基幹送電線工事であるため、高所作業員の不足が懸念される。
- 既設鉄塔のメンテナンスと更新作業も含めて、必要となる高所作業員数の推定を行い、配員可能数との比較により、不足数を推定した。

#### ■ 推定結果

- 2025年度に、1,200人程の高所作業員数が不足する。(下図参照)
- 新設に必要な高所作業員数(鉄塔組立、架線工事)は、鉄塔30基あたり、1年間で70人と仮定した。



\* 出所：一般社団法人送電線建設技術研究会へのヒアリングより得られた情報と、一般財団法人建設経済研究所のレポートを基に、当法人にて推定

#### A 既設鉄塔の更新に必要な高所作業員数

- 東京電力、北陸電力、中国電力の鉄塔の更新率:約0.7%を、全国の保有鉄塔数284,611基に乗じると、全国の年間更新鉄塔数は約2,000基程
- 2,000基の更新に必要な高所作業員数は約4,700人

電気事業者	保有鉄塔数(基)	更新予定数(基)
北海道電力	46,529	—
東北電力	58,229	—
東京電力	43,588	300
中部電力	30,821	—
北陸電力	12,709	100
関西電力	30,000	—
中国電力	20,900	140
四国電力	9,305	—
九州電力	25,005	—
沖縄電力	1,325	—
電源開発	6,200	—
計	284,611	—

出所：各電気事業者のホームページ

#### B 既設鉄塔のメンテナンスに必要な高所作業員数

- 中部電力のメンテナンス率:約2.3%を、全国の保有鉄塔数284,611基に乗じると、全国の年間メンテナンス鉄塔数は約6,500基程
- 6,500基の更新に必要な高所作業員数は約640人

電気事業者	保有鉄塔数(基)	メンテ予定数(基)
中部電力	30,821	700

出所：中部電力のホームページ

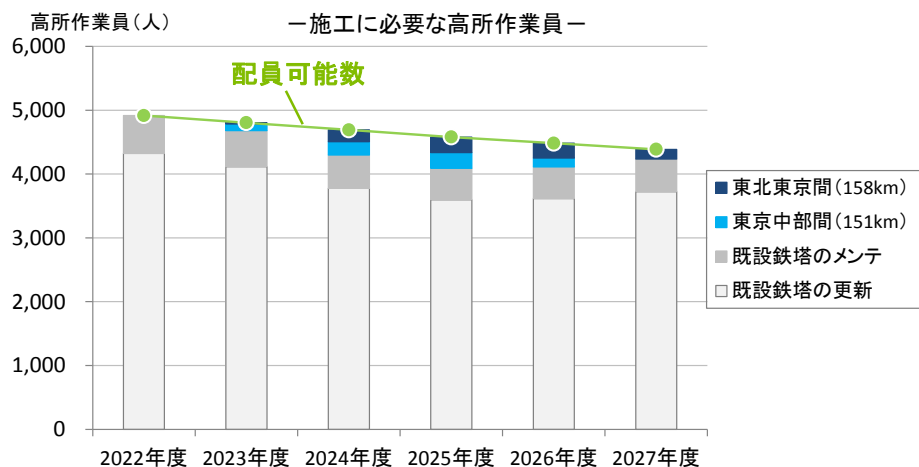
## 6. リスク分析 6.3. 高所作業員の不足(2/3)

➤ 大型の基幹送電線工事だけでなく既設鉄塔の更新及びメンテナンスも含めて、高所作業員の配員優先度を全国大で検討した上で、工事作業量を中長期的に平準化する必要がある。

### 高所作業員の作業量の平準化

#### ■ 配員可能数が減少するケース

- 高所作業員の配員可能数が、前ページと同様に、年度毎に減少するケースを想定。
- 東北東京間及び東京中部間連系線(大型の基幹送電線工事)への配員を優先した場合に、既設鉄塔の更新及びメンテナンスへの配員数が、どの程度不足するかを算出。

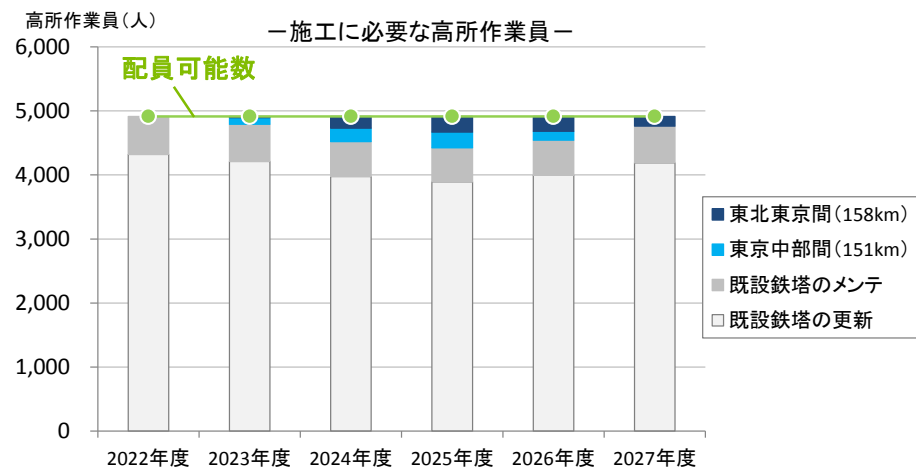


既設鉄塔の更新・メンテナンスへの配員不足率						
2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	
7%	11%	19%	23%	22%	20%	

- ✓ 大型の基幹送電線工事を優先すると、既設鉄塔の更新・メンテナンスに係る作業員が、最大で23%(2025年度)不足する。

#### ■ 配員可能数が確保できるケース

- 2027年度までの高所作業員の配員可能数が、2022年度時点の約4,900人から同数で推移すると仮定。
- それ以外は左記と同じ条件にて、既設鉄塔の更新及びメンテナンスへの配員の不足数を算出。



既設鉄塔の更新・メンテナンスへの配員不足率						
2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	
7%	9%	14%	16%	14%	10%	

- ✓ 高所作業員数を計画的に確保することで、既設鉄塔の更新・メンテナンスへの配員不足率を低減できる。

## 6. リスク分析 6.3. 高所作業員の不足(3/3)

- 高所作業員数が減少する原因の一つとして、労務単価が低いことが挙げられる。近年は回復傾向にあるものの、十数年前に比べて低い水準であり、かつ、他業種と比較しても低い。

### 高所作業員確保の課題と対策

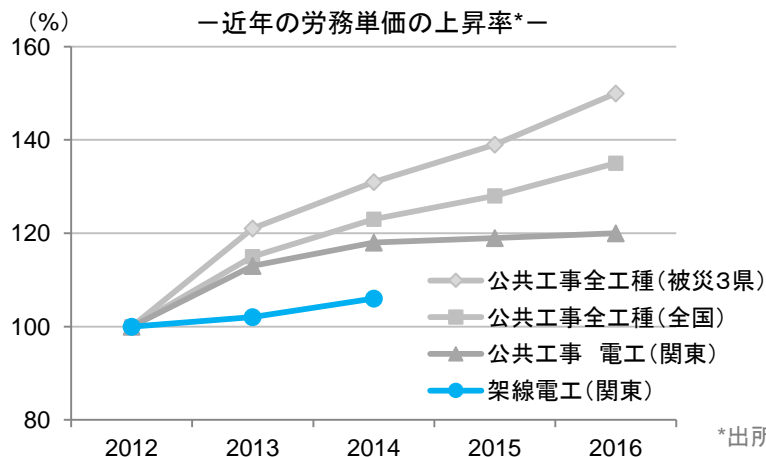
#### ■ 課題

- 公共工事における他業種の労務単価と比較して、架線電工(高所作業員)の労務単価は、1~3割ほど低い。(下表参照)

ー 労務単価の比較(2014年)\*ー

業種	架線電工	電工	とび工	塗装工	橋梁塗装工	山林砂防工
労務単価 [円/日]	20,300	21,600	24,600	25,400	27,900	25,500

- 他の公共工事の労務単価と比較して、架線電工(高所作業員)の労務単価は、上昇率が小さい。(下図参照)
- 架線電工の労務単価は、近年は回復傾向にあるものの、十数年前に比べると2/3程度の水準である。



\*出所: 一般社団法人送電線建設技術研究会の資料

#### ■ 対策事例

- 一部の電気事業者では、PR資料の作成・配布、説明会や現場見学会の開催による採用活動、労務単価の見直し等、労働環境の改善に取り組んでいる。
- 下記に、PR活動、採用活動、総合支援サービスの事例を示す。

組織名	主な活動内容	
東北電力	PR資料作成	学生の採用活動向けに作成した「目指せ! 未来のラインマン」では、現在進行中の南山形幹線建設工事等、インフラの重要性を伝えている。
北陸電力	Eリーグ北陸	送配電工事従事者の人材確保・育成を推進するために設立された組織。PRするパンフレット・動画を作成し、採用活動等で使用している。
中部電力	架線電工.COM	架空送電線工事事業者向けの総合支援サービス。不足余剰のリアルタイムマッチングによる、地域での作業の平準化も実施。
送電線建設技術研究会	PR資料作成	最前線で働く若手架線電工18人のインタビュー結果を収集し、その仕事ぶりを紹介するラインマン小冊子を作成している。

## 6. リスク分析 6.4. 資材費・労務費のエスカレーション

- 実施案の費用は、将来の資材費・労務費等のエスカレーションは発生しないとの前提で、算定されている。
- 一方、資材費の一部は上昇傾向にあるため、メーカーの視点ではリスクヘッジが必要となる。

### 資材費および労務費の推移

#### ■ 労務費

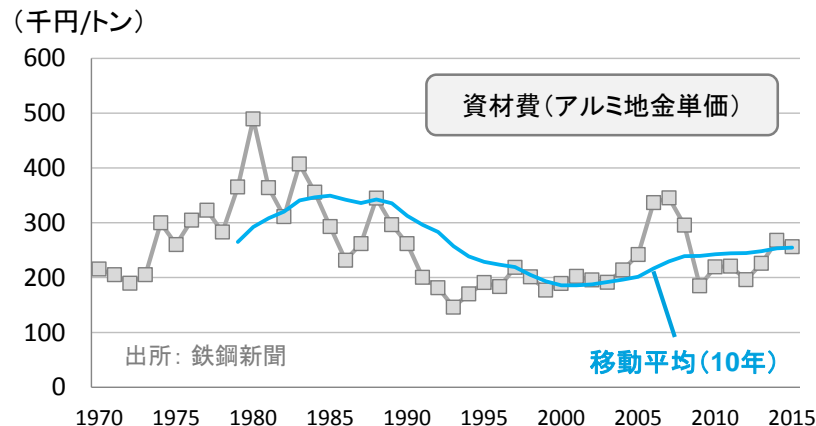
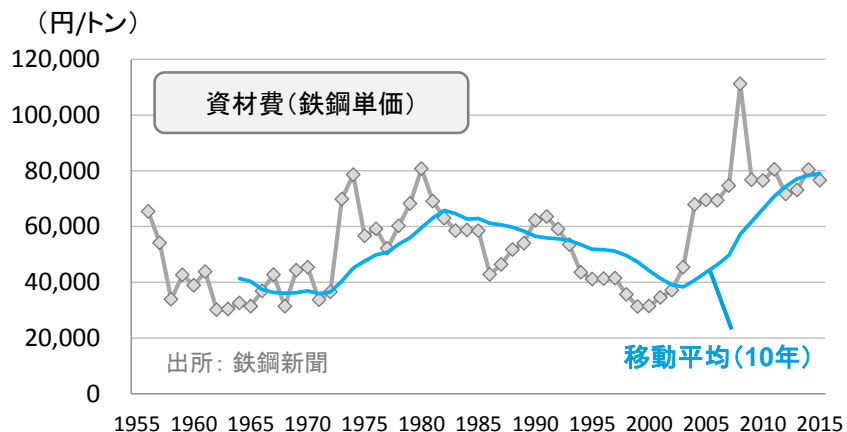
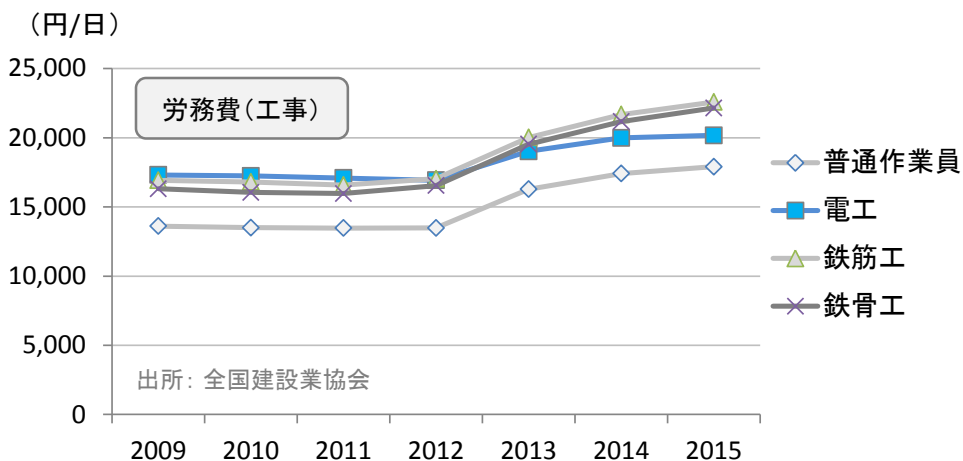
- 労務費(工事)は、2012年から2015年までは、年平均で約9%回復している。これは、東日本大震災からの復興事業、国土強靱化計画による公共工事、首都圏でのオリンピック需要、景気回復による民間投資の伸び等が背景にある。
- 一方、標準品や大量生産可能な製品については、設計や開発等に係る労務費は削減できると考えられる。

#### ■ 資材費(鉄鋼)

- 1999年以降上昇傾向にあり、特に2008年は突出している。移動平均(10年)で見ると、2003年以降、年平均で約4%上昇している。

#### ■ 資材費(アルミ地金)

- 1980年代に比べると価格は低下しているものの、1999年を底値に、ゆるやかな上昇傾向にある。



# Deloitte. トーマツ.

## デロイトトーマツ

デロイトトーマツグループは日本におけるデロイトトウシュートーマツリミテッド(英国の法令に基づく保証有限責任会社)のメンバーファームおよびそのグループ法人(有限責任監査法人トーマツ、デロイトトーマツコンサルティング合同会社、デロイトトーマツファイナンシャルアドバイザー合同会社、デロイトトーマツ税理士法人およびDT弁護士法人を含む)の総称です。デロイトトーマツグループは日本で最大級のビジネスプロフェッショナルグループのひとつであり、各法人がそれぞれの適用法令に従い、監査、税務、法務、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザー等を提供しています。また、国内約40都市に約8,700名の専門家(公認会計士、税理士、弁護士、コンサルタントなど)を擁し、多国籍企業や主要な日本企業をクライアントとしています。詳細はデロイトトーマツグループWebサイト([www.deloitte.com/jp](http://www.deloitte.com/jp))をご覧ください。

Deloitte(デロイト)は、監査、コンサルティング、ファイナンシャルアドバイザーサービス、リスクマネジメント、税務およびこれらに関連するサービスを、さまざまな業種にわたる上場・非上場のクライアントに提供しています。全世界150を超える国・地域のメンバーファームのネットワークを通じ、デロイトは、高度に複合化されたビジネスに取り組むクライアントに向けて、深い洞察に基づき、世界最高水準の陣容をもって高品質なサービスを提供しています。デロイトの約225,000名を超える人材は、“making an impact that matters”を自らの使命としています。

Deloitte(デロイト)とは、英国の法令に基づく保証有限責任会社であるデロイトトウシュートーマツリミテッド(“DTTL”)ならびにそのネットワーク組織を構成するメンバーファームおよびその関係会社のひとつまたは複数指します。DTTLおよび各メンバーファームはそれぞれ法的に独立した別個の組織体です。DTTL(または“Deloitte Global”)はクライアントへのサービス提供を行いません。DTTLおよびそのメンバーファームについての詳細は [www.deloitte.com/jp/about](http://www.deloitte.com/jp/about) をご覧ください。



IS 501214 / ISO (JIS Q) 27001



BCMS 568132 / ISO 22301

有限責任監査法人トーマツ東京事務所 エンタープライズ リスク サービスは、2006年2月8日、監査法人として初めて情報セキュリティマネジメントの国際規格であるISO/IEC27001の認証を取得しました。2009年4月1日には、デロイトトーマツ リスクサービス株式会社をこの認証範囲に含めております。

有限責任監査法人トーマツ東京事務所におけるBCP/BCMサービス提供部門及びデロイトトーマツ リスクサービス株式会社は、2011年3月11日に事業継続マネジメントシステムの規格であるBS25999-2:2007の認証を取得し、2013年2月19日に国際規格であるISO22301:2012の認証を取得しました。