

東京中部間連系設備（FC）に係わる 計画策定プロセスについて

平成27年 7 月 28日
広域系統整備委員会事務局

■これまでの経緯

- 第1回広域系統整備委員会（平成27年4月24日）
 - ✓ 計画策定プロセスの進め方等を決定。
- 第2回広域系統整備委員会（平成27年6月8日）
 - ✓ 基本要件決定に向け、増強の目的、増強量、必要となる時期について確認
 - ✓ 増強ルートについて佐久間、東清水FC増強を軸とし、90万kWの配分案について確認。（佐久間：30～90万kW、東清水：0～60万kWの組み合わせ）
 - ✓ 計画策定プロセスの期間中における系統アクセス業務の取扱を決定

■今回ご議論いただきたい事項

基本要件決定に向けた検討

- ・自励式変換器と他励式変換器の比較
- ・増強案の比較（佐久間・東清水FCへの増強量配分案）
- ・長野、信濃、日本海方面増強案の確認

検討スケジュールと今回の位置づけ

	平成27年度												平成28年度
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
開始手続き	<input type="text"/>												
進め方の検討	<input type="text"/>												
対策案の検討		増強要否・対策案検討、各案比較評価											
受益者範囲の検討				<input type="text"/>									
実施案の検討							提案作成		提案評価				
負担割合の検討											<input type="text"/>		
広域系統整備計画 取りまとめ・公表												<input type="text"/>	
広域系統整備委員会	★ 4/24 ・プロセスの進め方	★検討状況報告		★基本要件の原案	★検討状況報告	★検討状況報告	★実施案					★整備計画	
		今回	★検討状況報告	★基本要件	★検討状況報告	★提案評価	★負担割合						
評議員会		◇検討状況報告		◇基本要件		◇検討状況報告		◇負担割合・整備計画					
理事会	◆ 4/22 ・計画策定プロセス開始、公表 ★ 4/28 ・プロセスの進め方決定 ・経済産業大臣報告内容			◆基本要件決定		◆提案評価		◆実施案決定				◆負担割合決定 ◆整備計画決定	
その他	☆・電力需給検証小委からの検証要請 ☆ 計画策定プロセス開始の公表 ☆ 経済産業大臣報告			☆電力需給検証小委への報告案取りまとめ								☆整備計画公表	

平成27年6月8日の第2回広域系統整備委員会で頂いた御意見については、以下の方向性で対応する。

- ① **FC増強の必要性について、大規模な自然災害に対して、どこまでの投資が必要なのか等、多面的に確認する必要があるのではないか**
 - 電力需給検証小委員会等において、シナリオ評価に基づき必要容量及び効果を試算し、大規模災害時の安定供給及び経済性の観点から、FC300万kWまでの増強の必要性が確認されたものと認識し、第2回広域系統整備委員会でも確認したところ。
 - 本委員会では、増強が必要であることを前提に、FC増強の効果を、停電コストや取引活性化のメリットなど多面的に評価する予定。
- ② **これまでのFCは他励式変換器が採用されてきたが、自励式変換器は装置単体ではコストは高いが、系統側の制約が緩和できること、及び総コストではコストダウンとなる場合もあるため、自励式変換器を使うことも含めて検討いただきたい。**
 - 系統に対する様々な制約を緩和できることなど、自励式、他励式の比較検討を行ったので、今回検討結果を報告する。
- ③ **電気供給事業者の募集を行わないという整理で進んでいるが、今後電気供給事業者からの申し入れがあってすぐに増強することがないよう、拡張性についても確認するべきではないか。**
 - ESCJで検討された210万kW、及び今回の増強分の利用方法については、まだ決定しておらず別途整理されることから、本プロセスにおいては300万kWまでの増強を検討することとし、拡張性については考慮しないこととする。

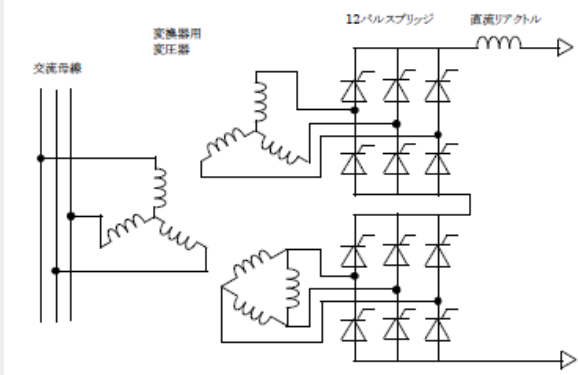
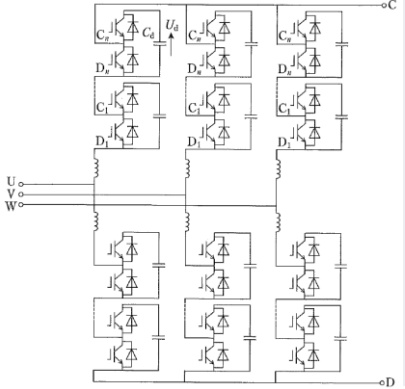
基本要件の決定に向けた検討

5

(1) 自励式変換器と他励式変換器の比較 (1)

- 周波数変換に用いる変換器には、他励式と自励式があり、各方式の特徴を下表に示す

■比較表 (1 / 2)

項目	他励式変換器	自励式変換器
転流方式	変換器主回路がサイリスタにより構成されており、 <u>系統(外部)電源により転流する方式</u> ✓ 電流on/offタイミングは系統電源の条件に依存する	変換器主回路が <u>自励スイッチングデバイス</u> を用いて構成されており、 <u>ゲート信号の制御によって転流する方式(自己転流方式)</u> ✓ 任意のタイミングで電流をon/offできる
回路構成		
連系交流系統の制限	高調波不安定など交流系統との相互作用の問題を生じる場合 があり、短絡容量が大きい系統である必要がある(より上位の電圧系統であるなど)	<u>基本的に交流系統との相互作用の課題は無い</u> ことから短絡容量が小さい系統でも連系可能
交流系統停電時の運転	片側の交流系統停電時に運転不可能	<u>片側の交流系統停電時にも運転可能</u> (健全側から停電側への電力供給が可能)

基本要件の決定に向けた検討

(1) 自励式変換器と他励式変換器の比較 (2)

6

■ 比較表 (2 / 2)

項目	他励式変換器	自励式変換器
事故時運転継続性	交流系統事故時に <u>転流失敗する恐れ</u> があり、運転継続が困難となる場合がある	他励式に比べ交流系統事故時の <u>運転継続性は高い</u>
無効電力の供給	<u>不可</u>	<u>可能</u> ✓ 有効電力と無効電力が独立して制御可能 ✓ 変換器の容量の範囲内で調相設備(自励式)と同等に動的に電圧制御が可能
無効電力の消費	最大、有効電力の50～60%程度 ・ <u>調相設備での補償が必要</u> (設置面積大)	他励式のような <u>多量の調相設備は不要</u> (設置面積小)
高調波の発生	転流時に、 <u>高調波成分が発生するため、フィルタでの吸収が必要</u> (設置面積大)	高調波が小さく他励式のような <u>多量のフィルタは不要</u> (設置面積小)
装置価格	変換装置としては <u>自励式に比べ安価</u> であるが、 <u>フィルタ・調相設備や系統対策費用を含めた総コストは自励式より大きくなる、もしくは同程度となる場合もある</u>	変換装置としては <u>他励式に比べ高価</u> であるが、 <u>フィルタ・調相設備や系統対策費用を含めた総コストは他励式より小さくなる、もしくは同程度となる場合もある</u>

※佐久間FC、東清水FCと同様の方式であるBTB (back to back) を前提

基本要件の決定に向けた検討

(1) 自励式変換器と他励式変換器の比較 (3)

7

- 自励式と他励式の連系設備利用上の課題と対応について、以下のとおり確認した

利用上の課題※	他励式変換器	自励式変換器
最低潮流制約 (サイリスタ素子保護の観点から、最低潮流を定格の10%とする)	<ul style="list-style-type: none">➤ サイリスタ素子保護の観点から<u>定格の10%の最低潮流制約が必要</u>➤ ただし電力逆送運転等により<u>運用対応で回避可能</u> (例: 1MWを東向きに流すために、東向きに31MW、西向きに30MW流す) ※片極点検時には不可能	<ul style="list-style-type: none">➤ <u>最低潮流制約は発生しない</u>
段差制約 (交流系統の電圧調整などを考慮して、直流連系設備の一定時間あたりの潮流変化量を制約)	<ul style="list-style-type: none">➤ 詳細設計時に制約を評価	<ul style="list-style-type: none">➤ 詳細設計時に制約を評価✓ 自励式変換器の電圧調整機能により他励式に比べると、<u>制約は緩和される傾向</u>

※自励式と他励式とで差異がある課題を抽出

- 自励式変換器は、無効電力が制御可能、交直連系系統の相互作用の課題が限定的であるなど、電気的特性において様々なメリットがあるとともに、利用上の制約も少ない設備であることから、今回は自励式の採用を念頭に検討を進める。

基本要件の決定に向けた検討

(2) 増強案の比較 (佐久間・東清水FCへの増強量配分案)

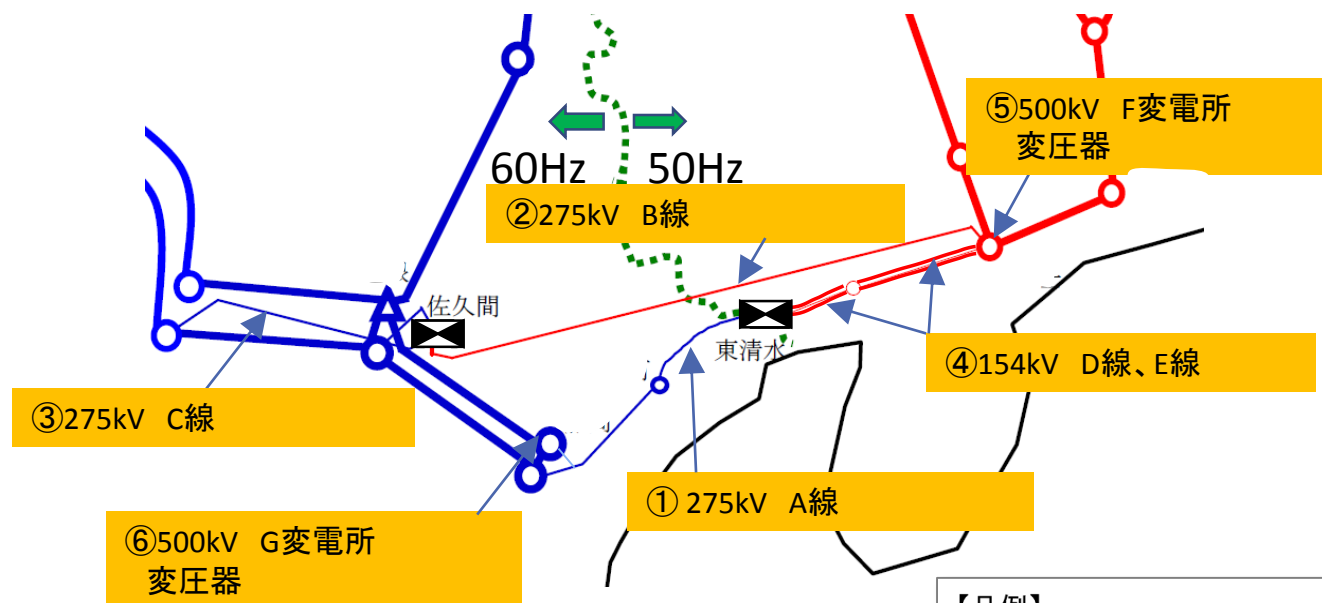
8

- 第2回広域系統整備委員会で確認した軸とする増強案 (佐久間FC、東清水FCへの配分の組み合わせ) について、周辺系統へ与える影響を評価し対策を検討。

<軸とする増強案>

案	佐久間 F C (万 kW)	東清水 F C (万 kW)
A	90	0
B	60	30
C	45	45
D	30	60

<周辺系統>



【凡例】

- : 500kV送電線 (60Hz)
- : 500kV送電線 (50Hz)
- : 275kV送電線 (60Hz)
- : 275kV送電線 (50Hz)
- : 154kV送電線 (50Hz)
- : 変電所 (60Hz)
- : 変電所 (50Hz)
- △ : 発電所
- ⬡ : 周波数変換所

基本要件の決定に向けた検討

(2) 増強案の比較 (各案における対策概要)

9

➤ 周辺系統へ与える影響と対策の概要は以下のとおり

対象系統設備(影響要因)		案A	案B	案C	案D
周辺系統影響箇所	②B線(熱容量、電圧安定性)	○	○	○	○
	③C線(熱容量)	○	○	○	○
	④D線等(電圧安定性)	—	○	○	○
	⑤F変電所(熱容量)	○	○	○	○
	⑥G変電所(熱容量)	—	—	—	○
主要な系統対策(概要)		案A	案B	案C	案D
FC地点	佐久間・東清水FC設置 (上段:佐久間、下段東清水)	FC90万kW新設	FC60万kW新設 FC30万kW新設	FC45万kW新設 FC45万kW新設	FC30万kW新設 FC60万kW新設
		○	○	○	○
送電線	線増強 ※ 引出口含む 【 】	500kV鉄塔建替	275kV鉄塔建替	275kV鉄塔建替	275kV鉄塔建替
	275kV送電線新設 ※ 引出口含む 【 】	—	○	○	○
	500kV送電線新設 【 】	○	○	○	○
開閉所	開閉所新設 【 】	—	○	○	—
変電所	500/275kV変圧器増設 【 】	—	○	○	○
	500/275kV変圧器増設 【 】	—	—	—	○

(余白)

基本要件の決定に向けた検討

(2) 増強案の比較 (評価比較一覧 1 / 2)

11

- 各対策案について、経済性、実現性、リスク、運用・技術面の観点から評価を実施し、結果を以下に示す


評価項目		案A (佐久間90,東清水0)	案B (佐久間60,東清水30)	案C (佐久間45,東清水45)	案D (佐久間30,東清水60)
経済性		△	△	△	○
総工事費※1 【億円】		1, 925 (1, 375)	1, 845 (1, 295)	1, 828 (1, 278)	1, 754 (1, 204)
建設コスト (年経費) ※1 <上段：法定耐用年数> <下段：上記の2倍> 【億円/年】		144 (110)	139 (105)	138 (104)	132 (98)
		111 (83)	107 (80)	106 (79)	102 (74)
実現性		○	○	○	○
工期		10年程度	10年程度	10年程度	10年程度
工事の特性		✓ 増強地点1箇所 ✓ からの新ルート 建設不要	✓ 新ルートの建設要 (約13km) ✓ 開閉所の新設要	同左	✓ 新ルートの建設要 (約13km) ✓ 開閉所は不要
FC設置スペース	佐久間				
	東清水				

※1 : () 内は設備更新分 () 等を控除した総工事費

基本要件の決定に向けた検討

(2) 増強案の比較 (評価比較一覧 2 / 2)

12

案		案A (佐久間90,東清水0)	案B (佐久間60,東清水30)	案C (佐久間45,東清水45)	案D (佐久間30,東清水60)
リスク	リスク	△	○	○	△
	F C集中リスク (佐久間 対 東清水)	120万 : 30万 △	90万 : 60万	75万 : 75万	60万 : 90万
	耐地震・津波リスク	送電線、周波数変換所ともに南海トラフ巨大地震、首都圏直下型地震による影響なしと想定			
	 需要変動対応※2	—	60万kWまで供給可	45万kWまで供給可	30万kWまで供給可 △ ※3
運用・技術面	運用・技術面	○	○	○	○
	運用面での課題	特になし	特になし	特になし	特になし
		✓ 既設  線は老朽劣化が著しく、至近年での建替が必要な状態であることから、設備更新分を控除した工事費についても評価することとする。(建設後約60年経過)			
【参考】将来の拡張性		—	—	—	—
変換設備増 設スペース	佐久間	敷地増設要	敷地増設要	敷地増設要	敷地増設要
	東清水	2台追加設置可	1台追加設置可	1台追加設置可	—
増強可能性 ※あくまで概算検討であり、詳細検討必要		可能	ある程度増強可能	同左	ある程度増強可能 (開閉所新設等が必要)

※2 : ESCJ検討時は30万kWを超過すると想定していたが現時点では将来30万kW弱と想定
(エリア送配電事業者の想定)

※3 : 30万kW超過時は、運用対策(設備増強は不要)を実施する必要があるが供給は可能

基本要件の決定に向けた検討

(3) 耐地震・津波リスクの評価

- 以下の確認結果より、佐久間・東清水FCについては、地震・津波リスクに対して十分耐性があると考ええる。
- 佐久間、東清水FCともに太平洋側に設置されているが、「産業構造審議会保守分科会電力安全小委員会 電気設備自然災害対策ワーキンググループ中間報告書」によると、南海トラフ巨大地震、首都直下地震による耐性評価において、影響がないことが報告されている。
 - 地震
 - ✓ 17万V以上の基幹送変電設備については、過去の被害実績等を踏まえ耐震対策の実施状況の確認を行った結果、震度7の影響を受けた設備においても、基本的な耐震性能は満足していることが確認されている。
 - 津波
 - ✓ 離岸距離や浸水深から、影響評価された、送変電設備の被害想定においてはFC関連設備は被害がないことが確認されている。
- 静岡県第4次地震被害想定では、FC関連設備について、地震に対しては最大震度は6強、津波に対しては浸水が想定されていない
 - ＜標高＞ [佐久間] **144m** [東清水] **115m**
- 直流設備の耐震性能は、交流の変電機器と同様に「変電所等における電気設備の耐震設計指針」(JEAG5003) に適合するように仕様、設計、製作されている。

「産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会電気設備自然災害対策ワーキンググループ中間報告書」(抜粋)

2. 1 南海トラフ巨大地震・津波に対する電気設備等の耐性評価 (事業者の報告及びWGの評価)

…(略)…

⑤ 設備区分Ⅱの設備(基幹送変電設備)の地震動に対する耐性評価

ア 耐性評価基準の考え方

基幹送変電設備は、多重化・多ルート化されており、過去の「a 兵庫県南部地震」及び「b 東北地方太平洋沖地震」に対し、『総合的にシステムの機能は確保』かつ『現行耐震基準は妥当(a)、あるいは、耐震性能は基本的に満足(b)]と評価されている²⁸(参考2-8)。

また、東北地方太平洋沖地震等の設備被害状況については、震度7の影響を受けた設備においても、損傷割合は最大2.8%と僅少であり、基本的に耐震性能は満足していると考えられることから、システムとしての機能は確保していると考えられる(参考2-9～参考2-12)。

こうした過去の被害実績等を踏まえた耐震対策の実施状況の確認を行った結果、基幹送変電設備は、基本的な耐震性能は満足していることが確認された。

「産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会電気設備自然災害対策ワーキンググループ中間報告書」(抜粋)

2. 1 南海トラフ巨大地震・津波に対する電気設備等の耐性評価 (事業者の報告及びWGの評価)

…(略)…

表 2-13 津波による設備被害の想定及び電力供給への影響評価

社名	被災設備概要			復旧必要エリア		
	被災鉄塔(基) ※1	被災地中設備(回線) ※1	被災変電所(箇所) ※1	供給支障エリア	系統切替可能エリア※2	復旧必要エリア
北海道	—	—	—	—	—	—
東北	—	—	—	—	—	—
東京	0/8,527	0/87	0/79	0箇所	0箇所	0箇所
中部	3/5,786	0/26	1/60	1箇所	0箇所	1箇所
北陸	—	—	—	—	—	—
関西	1/8,647	0/39	3/59	3箇所	0箇所	3箇所
中国	0/4,503	0/2	0/23	0箇所	0箇所	0箇所
四国	8/2,837	0/4	2/27	3箇所	0箇所	3箇所
九州	16/6,486	0/25	1/57	2箇所	1箇所	1箇所
沖縄	—	—	—	—	—	—
電発	5/4,767	0/5	0/4	0箇所	1箇所	0箇所

※1 分子/分母は被災設備数/17万V以上の設備数を表す

※2 系統切替可能エリアとは、系統操作により復旧可能なエリアを言い、全量救済できるものを表す

事業者ヒアリングの結果
今回のFC関連設備では
対象なし

「産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会電気設備自然災害対策ワーキンググループ中間報告書」(抜粋)

2. 2 首都直下地震・津波に対する電気設備等の耐性評価 (事業者の報告及びWGの評価)

…(略)…

表 2-19 首都直下地震の津波による被害想定結果 (各社別内訳)

社名	被災設備概要			復旧必要エリア		
	被災 鉄塔 (基) ※1	被災 地中設備 (回線) ※1	被災 変電所 (箇所) ※1	供給支障 エリア	系統切替 可能 エリア※2	復旧必要 エリア
東京	0/8,527	0/87	0/79	0箇所	—	—
中部	0/5,786	0/26	0/60	0箇所	—	—
電発	0/4,767	0/5	0/4	0箇所	—	—

※1 分子／分母は被災設備数／17万V以上の設備数を表す

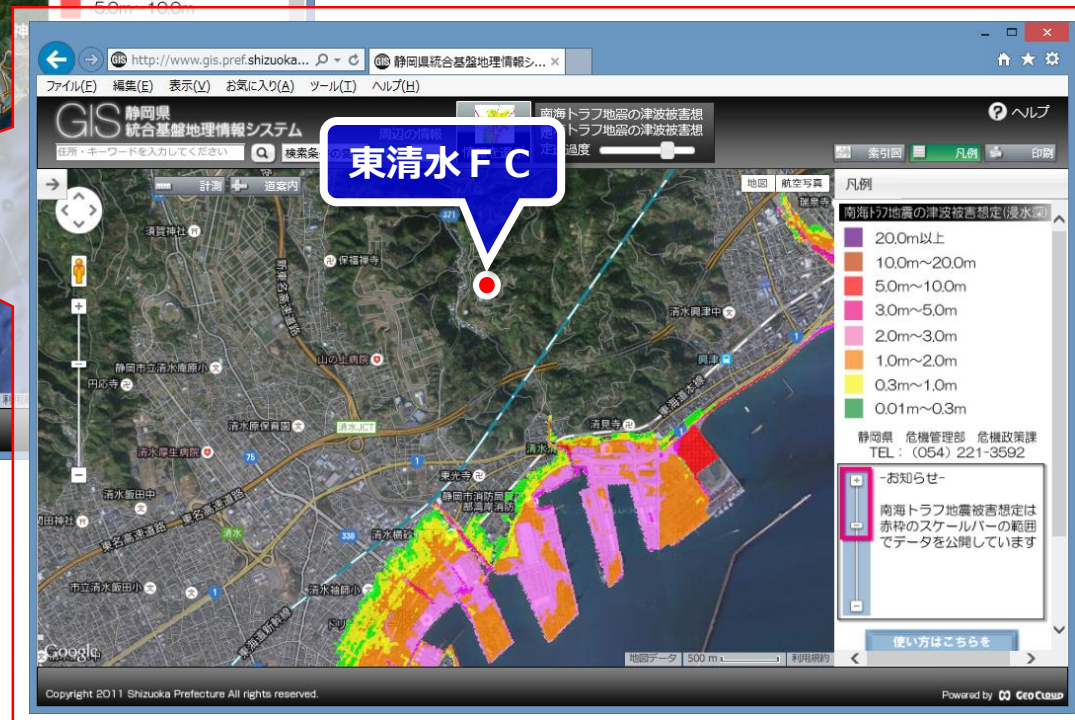
※2 系統切替可能エリアとは、系統操作により復旧可能なエリアを言い、全量救済できるものを表す

基本要件の決定に向けた検討 (参考) 耐地震・津波リスク参考資料 (4)

17

- 内閣府提供の「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）」においても、佐久間FC、東清水FCの両地点においては津波の影響はないと想定されている。

※静岡県統合基盤地理情報システム(GIS)より



(4) ESCJで検討された他案（佐久間・東清水配分案以外）の確認（1）

➤ ESCJにおいて検討された佐久間、東清水で配分する案以外の増強案についても、最新の状況を踏まえ確認を行った。

- **案F（長野方面増強案）**

現在進行中の長野方面への90万kW増強のルートに更に90万kWを追加増設とする案

- **案G（信濃方面増強案）**

90万kWの増強をH変電所付近へ60万kWと東清水FCに30万kW増設する案

- **案H（日本海方面増強案）**

FC地点のリスク分散の観点から、日本海方面に直流連系設備を新設する案

基本要件の決定に向けた検討

(4) ESCJで検討された他案（佐久間・東清水配分案以外）の確認（2）

19

➤ F～H案までの最新の状況を踏まえた確認結果を以下に示す。

案	対策内容	確認結果	判断
案 F	＜長野方面増強案＞ 現在進行中の90万増強ルートに更に90万kWを追加増強	<ul style="list-style-type: none">➤ 長野・信濃方面にFC240万kWが集中し、同時被災リスクが多大➤ 現在計画中の工事への影響を考慮した結果、直流送電線のルート新設が必要となり、工期は15年程度必要➤ 先行工事に遅れが生じた場合には、影響を受ける	FC集中リスクが大きいこと、及び実現性の観点から現実的ではない
案 G	＜信濃方面増強案＞ 信濃地点60万kW、東清水地点30万kW増強	<ul style="list-style-type: none">➤ 既設I線の建替が必要となり、工事費が高い➤ 系統安定機器に依存する系統構成である運用面で課題あり	経済性、運用面での課題が大きい
案 H	＜日本海方面増強案＞ 日本海方面に直流連系設備の新ルートを建設	<ul style="list-style-type: none">➤ 新たなルート新設が必要であり、送電線工事に時間を要す（15年以上と想定）➤ 長距離の送電線新設が必要であり、工事費が高い	経済性、実現性の観点から現実的ではない

➤ 以上の確認結果から、各案ともに案 A～D（軸案）よりも劣ると判断

[第4回 広域系統整備委員会（8月）]

- 基本要件決定に向けた検討
 - ・増強の方策（増強案の比較評価）
 - ・期待される効果
 - ・広域系統整備計画の必要性
- 受益者範囲
- 基本要件原案

[第5回 広域系統整備委員会（9月）]

- 基本要件案の取りまとめ
- 電力需給検証小委員会への報告内容の確認

建設コスト（年経費）＝初期投資に伴う年経費＋運転維持費用

■ 初期投資に伴う費用

- ✓ 各設備における耐用年数については、「原価償却試算の耐用年数等に関する省令」に基づき設定（設備の延命を考慮し、耐用年数を2倍とした場合についても確認）
（参考：耐用年数）

設備	法定耐用年数
FCおよび変電所関連	22年
送電線	36年
汽力設備	15年

- ✓ 割引率は電気事業分科会において発電コスト評価時の割引率として、2%を基準に、0～4%で感度分析していることを参考に3%と設定
- ✓ 年経費は下記の式による

$$\text{総工事費} = \sum_{t=1}^T \frac{\text{建設コスト（年経費）}}{(1+0.03)^t}$$

■ 運転維持費用

- ✓ 工事費に対する年間の運転維持費用の割合は、一般電気事業者（沖縄電力を除く9社）が公表している「有価証券報告書」（2005～2014年度）より以下のとおりとする。

FCおよび変電所関連設備：2.3%

送電線：1.5%

汽力設備：6.3%

- 案A～Dの検討において、信頼度評価を行い必要な対策を抽出しており、各案ともに信頼度を満足する対策となっているが、案により線に開閉所の設置が必要な場合があることから、開閉所を設置した場合の運用面での得失を以下に示す。

(メリット)

✓ α 、 β の同時停止リスクの軽減

開閉所～FC (α 又は β の片系) 間で、希頻度事象によりルート停止 (2回線断) した場合でも、他系のFCからの電力は送電可能。

ただし、開閉所が無い場合に同様な事故が発生した場合でも、送電区間のジャンパー切り離しを行うことで、他系については比較的短期に復旧が可能であり長期間停止のリスクは低い。

✓ 作業停止の容易性

開閉所～FC (α 又は β の片系) 間の作業において、開閉所がない場合、 $\alpha \sim \beta \sim \gamma$ の1回線全線を停止する必要があるが、開閉所があると停止区間を開閉所～片系FC間に限定でき、作業停止が容易となる。

(デメリット)

✓ 設備故障率の増加

電力を送電する主回路に開閉所を挟むことにより、開閉所内の設備故障、事故等で停止し、一部またはすべての電力が送電できなくなる場合がある。

✓ 設備停止機会の増大

開閉所を設置する場合、開閉所内の設備を停止し点検する必要があることから、作業停止機会が増大する。

✓ 設備の維持管理コストおよび保守要員の増

