

<報告>
飛騨信濃周波数変換設備の
調整力広域運用への活用について
～恒久対策の詳細検討結果～

2024年7月23日

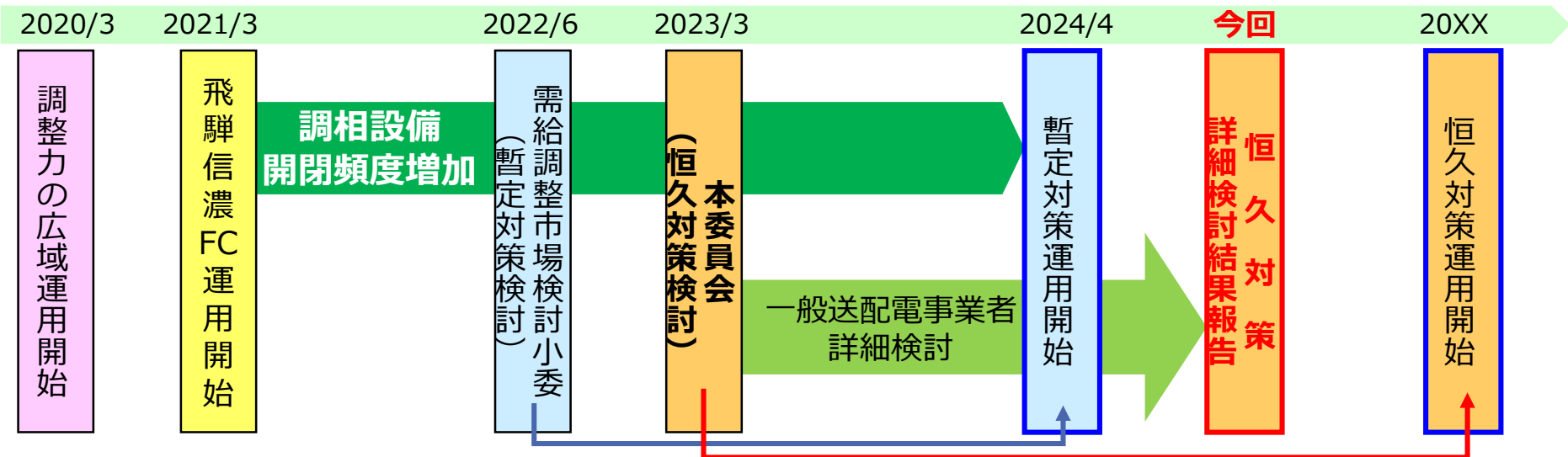
調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 事務局

- 飛騨信濃周波数変換設備（以下、飛騨信濃FC）は調整力の広域運用の影響により、電圧調整のための調相設備※¹の使用頻度が当初想定よりも増加した。これにより同設備の開閉器の開閉回数が1年程度でメーカー保証値を超過する見込みとなり、開閉器の臨時点検に伴う飛騨信濃FCの停止が必要となっていた。
- 第84回本委員会（2023年3月22日）において、飛騨信濃FCの停止回避に向けた恒久対策（STATCOM設置、SVC設置、ShR設置※²）の検討を行った。いずれの対策案もB/Cが「1」を超えることから恒久対策を実施することにし、また設備の運用状況を注視しながら具体的な対策案を電力系統および機器の特性等を踏まえて一般送配電事業者にて検討を進めることとしていた。
- 恒久対策について詳細検討を進めた結果、STATCOM設置が最も低コストである見通しが得られたため、ご報告させていただきます。

※¹ 電圧を調整する設備であり、適正電圧に維持することを目的に電力系統に設置する設備

※² STATCOM:自励式静止型無効電力補償装置 Static Synchronous Compensator

SVC:静止型無効電力補償装置 Static Var Compensator ShR:分路リアクトル Shaunt Reactor



1.これまでの議論状況の振り返り

2. <今回報告事項> 恒久対策の詳細検討結果

- 調整力の広域運用に伴い生じた飛騨信濃FCの調相設備の開閉頻度の増加、FCの停止回数の増加への対応策として、早期に実現可能な暫定対策（運用対策）と将来的に実施する恒久対策（設備対策）の両面から整理を行った。
- 恒久対策の詳細については引き続き一般送配電事業者にて検討を進めることにしていた。

発生した事象
(2021年3月～)

調整力の広域運用の開始
(15分毎※1に電力潮流変更)

系統電圧を維持するために
調相設備※2の開閉頻度増加

調相設備の開閉器の臨時点検
によりFCの停止回数が増加

解消すべき課題

- ✓ FC停止により広域的な電力融通が制限され安定供給が阻害されること
- ✓ FC停止によって東西間の電力市場分断の増加すること

対応策の構築

暫定対策（第29回需給調整市場検討小委員会）

- ・ 早期に実現可能な対応策として、調整力の広域運用による電力潮流変化量を制限する『**段差制約**』を設け調相設備の開閉頻度を抑制する
- ・ 需給ひっ迫時には安定供給を優先して段差制約の制限を解除する
- ・ 卸電力市場、需給調整市場での東西間の取引は段差制約による制限を設けない
- ・ 一般送配電事業者のシステム改修後に開始する（2024年4月に運用開始済）

恒久対策（第84回本委員会）

- ・ 設備対策を実施して調整力の広域運用を最大限実施可能にすることの必要性を費用便益評価により整理した
- ・ 設備対策の便益を2030年想定需要、再エネ、調整力必要量推計値を元に算定
- ・ 複数の設備対策案（STATCOM・SVC・ShR）について、対策の工期や設置コストを評価
- ・ 全ての対策案で**B/Cが1を超えることから恒久対策を実施することにし**、詳細については一般送配電事業者にてさらに検討を進める

- FCに潮流が流れると潮流量に応じて電圧低下が生じるため、電圧を一定に維持するように、FC潮流がある閾値を超える毎に調相設備を投入量を変更している。
- 広域需給調整によりFC潮流は現状においては5分間隔で変化し、潮流変化に伴う調相設備の開閉も高頻度化するため開閉器の臨時点検を追加する必要が生じる。
- この時、開閉器の点検には設備構成上FCの停止が必要になり、電力市場分断の増加などが課題となっていた。

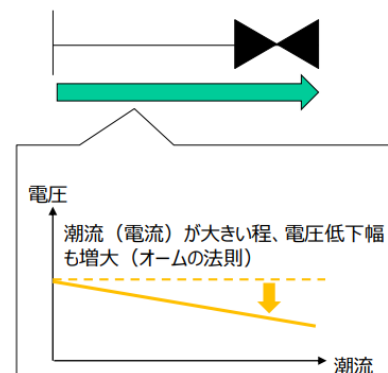
FCの潮流と調相設備の開閉

3

- FCに潮流が流れると、潮流量に応じた電圧低下が生じるため、これを調相設備で補償する。電圧を一定に維持するために、FC潮流がある閾値を超える毎に調相投入量を変更している。
- 広域需給調整により、連系線の潮流は15分間隔で変化する。飛騨信濃FCは唯一、15分間隔で運用するFC※であり、潮流変化頻度が多い。これにより調相設備の開閉も高頻度化している。

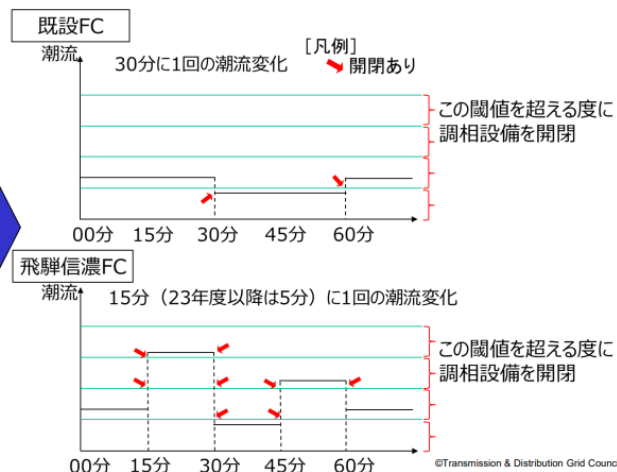
※他FCは30分単位の潮流変化。各FCの運用制約は9スライド参照

【FC潮流量に応じた電圧低下（イメージ）】



送配電網協議会

【FC潮流量に応じて調相投入量を変更（イメージ）】



- 第29回需給調整市場検討小委員会（2022年6月24日）において、早期に実現可能な対策として飛騨信濃FCに段差制約を設けることで審議された。

経緯・審議事項

2

【経緯】

- 飛騨信濃FCは、東日本大震災を受け、大規模災害発生に伴う需給ひっ迫時等の電力の安定供給のために建設したが、平常時の電力取引の活性化や再エネの導入拡大、需給調整のための調整力の広域的な調達・運用にも活用※することとした。

※ 三次①・②及び二次②の広域運用にあたり、同FCは、調相設備の開閉頻度が極端に増加しない潮流変化（段差制約）内で運用すると需給調整市場検討小委員会で整理済

- 同FCは、2021年3月31日の運転開始以降、三次①・②の広域運用のため15分毎に調整力をやり取りする設定としていたが、融通電力変化の頻度が当初想定より増加。

運転開始後1年程度で同FC調相設備の開閉器の開閉回数がメーカー保証値を超過する見込みとなり、2022年3月12日から開閉器の臨時点検を実施していたが、3月22日、23日の東北・東京エリアの需給ひっ迫と重なり、点検を早期に切り上げて対応したところ。

- 2023年4月以降、二次②の広域運用が開始され、5分毎に調整力をやり取りする設定となるため、更に融通電力変化の頻度及び開閉器の開閉回数の増加が懸念され、臨時点検により、毎年40日程度の飛騨信濃FC片極停止が必要※となる見込みのため、安定供給面から同FC停止を回避する必要がある。

※ 今後、各FCの長期的な作業停止が複数計画されており、飛騨信濃FC調相設備の開閉器臨時点検の追加に伴い、FCの重複停止や重負荷期停止が必要となり、電力市場分断の増加や緊急時における電力融通可能量の減少に繋がるおそれ

【審議事項】

- 調相設備の開閉器点検に伴う飛騨信濃FCの作業停止回避対策として、早期に実現可能な飛騨信濃FCの段差制約※を設けることを検討したため、ご審議いただきたい。

（恒久対策については、将来的な設備対策の要否など、将来の系統の在り方も含めて今後検討）

※ 広域運用における潮流変化に制約を設けることで調相設備の動作回数低減を目指すもの
他方で、それに付随して広域調達にも制約を設けるのか否かについては、制約を設ける場合におけるΔkW調達コスト増加への影響や、制約を設けない場合における非ひっ迫時に広域運用できない調整力を調達することの合理性、あるいはそれによるエネルギー市場や小売供給力への影響等について、実運用開始後の実績を踏まえて、一般送配電事業者も含めた関係者で総合的に検討を行うこととしたい



- 調整力の広域運用による飛騨信濃FCの調相設備の開閉が生じない範囲に潮流制約を設けその範囲内で潮流制御を行う暫定対策を行うこととし、一般送配電事業者にてシステム改修を実施後、本年4月より運用を開始した。

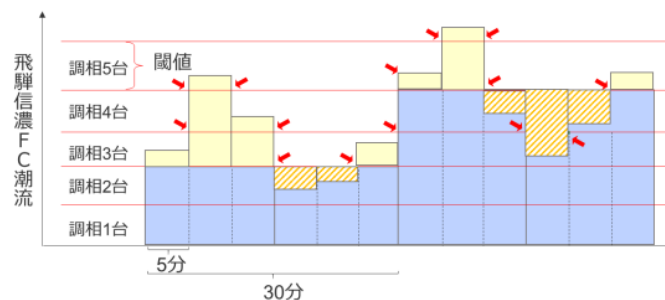
段差制約の概要：FC潮流制約の付与

4

- 3スライドの閾値を極力超えない範囲でFCの潮流制御を行うことが開閉回数の抑制に効果的である。これにより開閉器の点検周期を延長することができ、FC本体の定検周期（3年）に合わせることが可能で、毎年40日間程度のFC停止を回避できる。
- このため、基準となる連系線目標値に対して、飛騨信濃FCの調相開閉が不要な範囲で潮流制約（段差制約）を付与し、その制約内で調整量 α を演算する新たな仕組みを構築する。
- なお、卸電力市場取引に影響を与えないように30分単位で運用制約を講じることとし、毎時00分、30分は段差制約の対象外とする。

FCの潮流制約（段差制約）なし

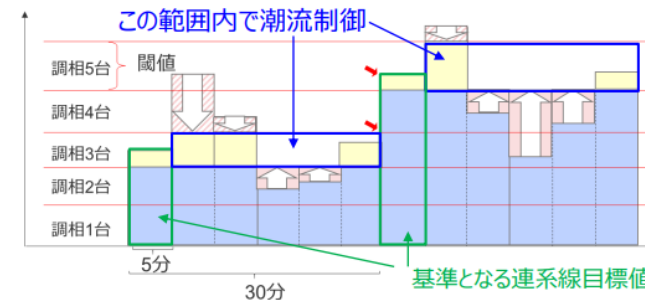
調相開閉回数：14回



送配電網協議会

FCの潮流制約（段差制約）あり

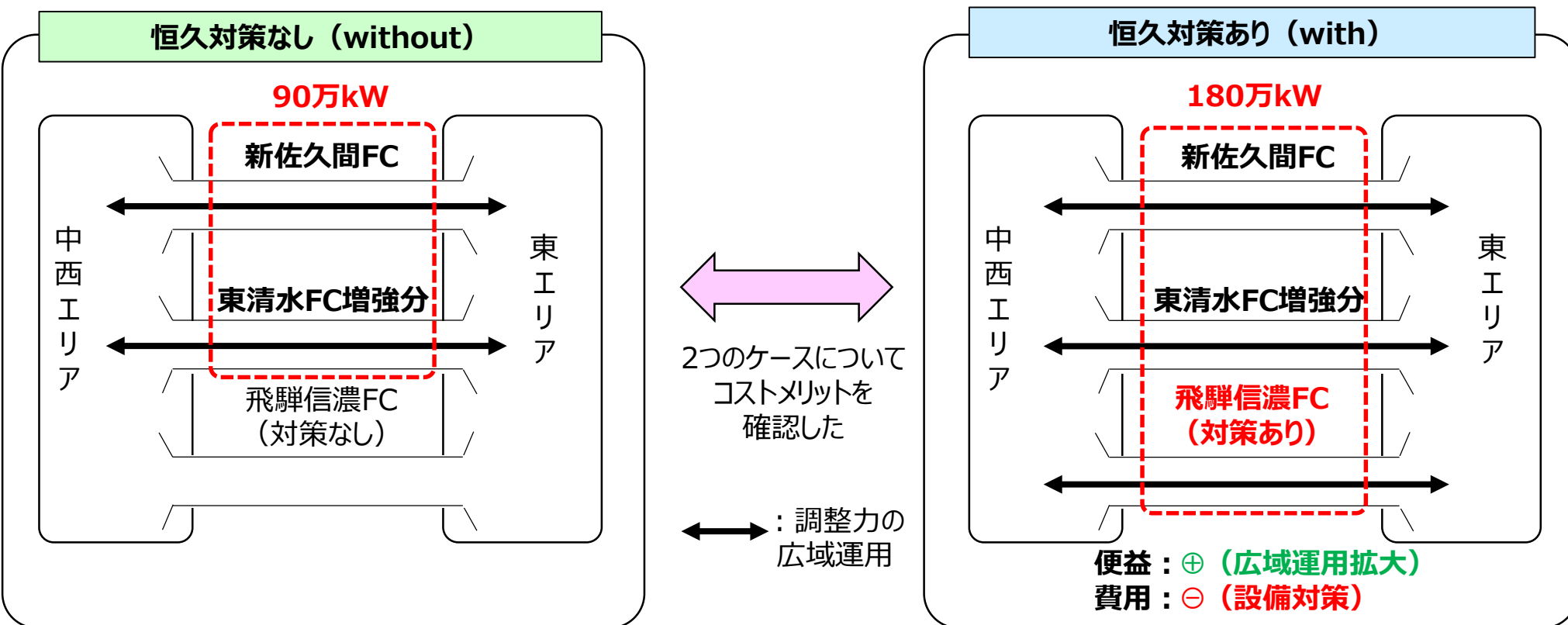
調相開閉回数：2回



©Transmission & Distribution Grid Council

- 暫定対策として段差制約を設ける場合、東西地域間の調整力の広域運用を実施できる範囲が制限される。恒久対策により段差制約を解除することで調整力の広域運用の範囲を拡大することが可能になる。
- 他方で、2027年度に新佐久間FC・東清水FC※の新增設（合計90万kW）が計画されていることから、恒久対策をとらずとも将来的には調整力の広域運用の拡大が見込まれている。
- そのため、恒久対策の実施有無による調整力の広域運用・設備対策費用を比較することで、恒久対策の必要性を整理した。

※ いずれも自励式の変換器であるためFC自体で電圧調整が可能であり調相設備を必要としない



- 新佐久間FC・東清水FCに加えて飛騨信濃FCも調整力の広域運用に活用する場合の便益を、2030年を想定した需給見通しのもとで複数の燃料費パターンについて確認した結果、年間で20～30億円となった。

(2) コストメリットの試算について
【コストメリット試算結果について】

41

- 飛騨信濃FCも調整力の広域運用に活用することで、年間で約20億円から30億円の需給コスト低減効果が確認された。

【コストメリット試算結果（年間）】

[単位：億円]

※ 1

燃料費パターン	コストメリット額
中間値ケース	20.2
石炭－LNG 価格差最大ケース	27.1
燃料費最大ケース	29.4
燃料費最小ケース	30.6

※ 1 様々な前提を置いた上での2030年断面を想定した試算結果であり、需要見通しの変化等の状況変化によっては、結果が変わることに留意

- 恒久対策案としては、STATCOM、SVC、ShRの設置があり、それぞれ対策コスト・工期・設備特性が異なる。

(3) 恒久対策案における費用便益評価について
【電圧対策の恒久対策案の内容について】

43

- 飛騨信濃FCの電圧変動対策として、現時点で挙げられる対策案は以下のとおり。
- 今回は、現在設置している調相設備の容量相当での対策を仮定しており、設備量・コスト等については、変更となる可能性があることに留意。
- また、2023年4月から、5分毎の調整力の広域運用が始まり、電圧変化など今後の状況変化も想定される。

恒久対策案	STATCOM設置		SVC設置		ShR設置	
	東京	中部	東京	中部	東京	中部
容量	160MVA ×1台×2極※1	160MVA ×1台×2極※1	160MVA ×1台×2極※1	160MVA ×1台×2極※1	80MVA ×1台×2極※2	80MVA ×1台×2極※2
工期[年]	6.5	7.5	7	8	4	4.5
コスト※3[億円]	246		225		208	
特徴	・調相設備の開閉器動作回数の低減可能 ・進相容量の増加が無く、既設系統特性の変化は無し		・調相設備の開閉器動作回数は低減可能 ・進相容量が増加し、既設系統特性の変化により共振性過電圧発生のおそれがあり、追加の設備対策が必要となる可能性あり ・新規実績が少なく、今後の撤退リスク大		・調相設備の開閉器の動作回数は既設から変化無し ・進相容量の増加が無く、既設系統特性の変化は無し ・想定以上の動作頻度となった場合はランニングコスト増となる可能性有り	

※1 SVC/STATCOM：東京・中部ともに現状のShR容量である160MVA×1台×2極と仮定

※2 ShR：常時、ShR80MVA×2台×2極を確保できるように、現状のShR容量に加え東京・中部ともに1台新規設置80MVA×1台×2極

※3 コストはイニシャルコストとランニングコスト（22年間）の合計値

- 費用便益評価の結果としては、いずれの恒久対策案においてもB/Cが「1」を超える結果であった。
- そのため、飛騨信濃FCに恒久対策を実施して調整力の広域運用を継続することとして、具体的な対策案については一般送配電事業者にて検討を進めることにした。

(3) 恒久対策案における費用便益評価について
恒久対策案の費用便益評価結果について

45

- 飛騨信濃FCも活用する便益と恒久対策に伴う費用で、費用便益評価（B/C）を確認したところ、どのケースでも「1」を超える結果となった。
- どの対策案でもB/Cは「1」を超えるため、新佐久間FC新設分、東清水FC増強分に加えて、飛騨信濃FCについても、引き続き調整力の広域運用に活用する方針としてはどうか。
- また、今後の電圧状況の変化や各FCの運用方法の検討等で対策不要となることも考えられることから、具体的な対策案や設備容量等については、電力系統および機器の特性等を踏まえ、一般送配電事業者にて検討を進めることでどうか。

【費用便益評価 結果】

※1	①	イニシャル+ランニング [億円]	208~246
	②	算定対象期間	22年
	③	C (①/②) [億円/年]	9.45~11.18
	④	B [億円]	20.2~30.6
	⑤	B/C (④/③)	1.81~3.24

※1 コスト等については、現状想定の数値であるため、今後の状況変化で変更となる可能性があることに留意。

1.これまでの議論状況の振り返り

2. <今回報告事項> 恒久対策の詳細検討結果

- 恒久対策※1の詳細検討したところ、以下の二つの要因により前回報告のコストが大きく変わることが分かった
 - ShR案の場合には飛驒変換所でのGIS更新が必要になり工事規模が当初想定より大きくなること
 - 恒久対策の工事によってFC停止が必要になり卸電力市場等での経済損失が見込まれること
- これらの二つの観点から、イニシャル＋ランニングコスト（【1】）と設備の設置工事によるFC停止に伴うコスト（【2】）を評価して改めてB/Cの算定を行った。

※1 これまで対策案の一つであったSVCはメーカーにおいて今後生産・保守体制の縮小・撤退が予見されることから対策案としてとれないため検討対象より除外した。

対策コストの変更概要

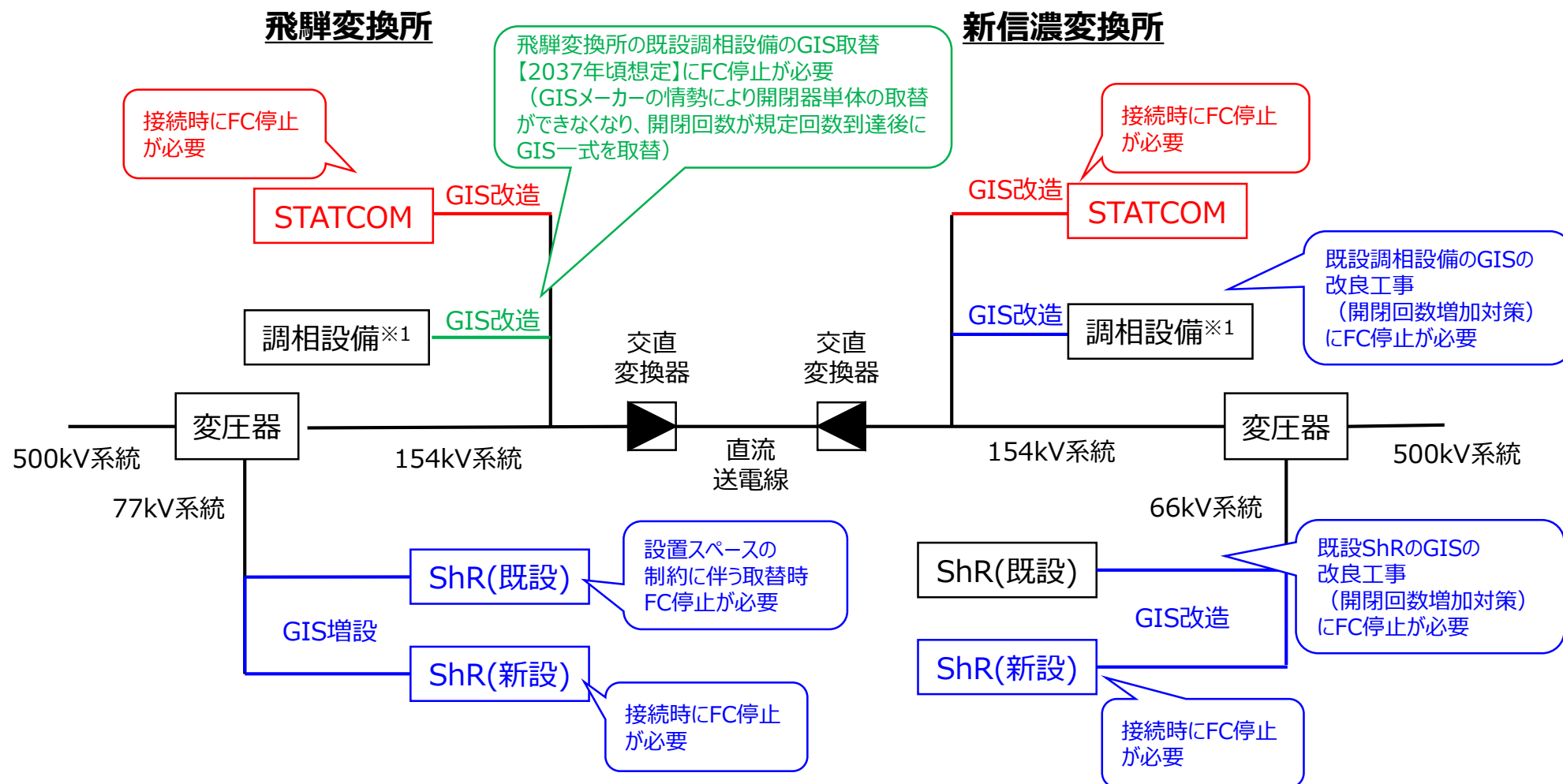
	今回		前回	
	STATCOM	ShR	STATCOM	ShR
【1】イニシャル＋ランニングコスト	数値精査	数値精査 (GIS更新工事含む)	計上	計上
【2】設置時のFC停止に伴うコスト	今回計上	今回計上	未計上	未計上

恒久対策の工事期間

対策案	FC増強前(現在～2027年)				FC増強後(2028年以降)													【年目】
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...	
STATCOM案	設置工事 (170日・極)				(STATCOM) FC停止 ⇒FC停止により経済損失													
ShR案	設置工事 (400日・極)				(ShR) FC停止 ⇒FC停止により経済損失													
					(GIS※2更新) 設置工事 (500日・極) FC停止 ⇒FC停止により経済損失													

※2 Gas Insulated Switch：ガス絶縁開閉装置。電力設備の電路を開閉する設備の一種

- STATCOMおよびShRの設置工事の概要イメージは以下の通り。ShR新設のほうがSTATCOM新設に比べて工事設備が多くなり、FC停止の必要期間も増加する。



赤：STATCOM設置に関わる主な工事箇所（170日・極）
 青：ShR設置に関わる主な工事箇所（2027年頃、400日・極）
 緑：ShR設置に関わる主な工事箇所（2037年頃、500日・極）

飛騨信濃FCは2極（単極450MW）で構成されており、本スライドでは1極分を記載している
 ※1 系統電圧の調整に用いるSC（電力用コンデンサ：Static Condenser）など

- イニシャル・ランニングコストは工事内容等の詳細検討により金額を見直した。
- またShRの場合には飛騨変換所の既設GISが保守対応できない見込みであるから、GIS更新も必要になることが判明したため今回より計上した。
- これらについて、コスト評価したところ、下表の通りとなった。

【単位：億円】

	今回※1		前回	
	STATCOM	ShR	STATCOM	ShR
イニシャル＋ランニング	223～268	164～216	246	208

※1 設備の耐用年数22年で割引率(1%、2%、4%)を考慮して算定
第84回では割引率は考慮していない

- 設備の設置工事を行うために、STATCOMの場合には約170日・極のFC停止、ShRの場合には約400日・極のFC停止を行うと想定される。
- またShRの場合には設備の運用開始以降(2037年頃)に飛驒変換所のGISの更新工事も必要になるため、約500日・極のFC停止を行うと想定される。
- この期間中において連系線容量が低下することにより、卸電力市場・調整力ΔkW市場・調整力kWh市場の取引に制限が生じるため、需給コストの増加が想定される。この需給コストの増加を過去実績(2021～2022年の市場価格等)を元に想定して算定した。

	卸電力市場	調整力ΔkW市場	調整力kWh市場	合計
飛驒信濃FC単極停止 による需給コストの増加額 (億円/日)	0.23	0.14	0.06	0.43



× 停止日数

	STATCOM	ShR
工事期間中のコスト※1 (億円)	58～69	276～350

※1 割引率(1%、2%、4%)を考慮して算定

2. 割引率の考え方

7

- これまで策定済みの整備計画やマスタープランでは、割引率 4 %を用いて費用便益評価をしてきた。
- 一方で、本年 6 月の国交省の委員会（公共事業評価手法研究委員会）においては、これまで公共事業に適用された割引率 4 %が実勢を反映していないとして、技術指針の改定について議論され、参考比較のために割引率 1 %または 2 %を設定してもよいとされた。
- また、**国債金利の至近の推移や物価上昇も勘案し、今後の費用便益評価では、割引率4%での評価に加えて、割引率 1 %または 2 %の場合についても考慮することとしてはどうか。**

技術指針の改定方針(案)

国土交通省

前回まで(令和2年度、令和5年度第1回)の主なご意見【再掲】

- ・ 過去との比較・継続性の観点から、社会的割引率を4%として維持することは妥当。
- ・ 社会的割引率は頻繁に変えるべきではないものの、状況の変化に応じて適切な見直しを行うことも必要。
- ・ 4%の社会的割引率は当時の情勢等から決めたことなので、時代にそぐわないのも事実。制度策定から20年経ち、4%が固定観念化してしまったことが問題。
- ・ 理論面の課題と運用面の課題の2段階の間がある。理論的にはRamsey式に基づく設定(時間選好率)の考え方もあるが、パラメータの設定が難しいので、これまで実際の運用としては市場金利(資本の機会費用)を用いるという考え方を採用。
- ・ 社会的割引率は変動するものと考えなければならず、感度分析の対象要因に実勢。
- ・ 社会的割引率は継続性のため4%は残すべき、実情と合っていないという両方の意見があることから、複数の社会的割引率のB/Cの併記を提案。等

改定方針(案)

- 社会的割引率は、全事業において当面4%を適用する。
- ただし最新の社会経済情勢等を踏まえ、比較のための参考とすべき値を設定してもよい。
- 社会的割引率の設定については、今後の研究事例等を参考にしながら、必要に応じてその見直しを行う。

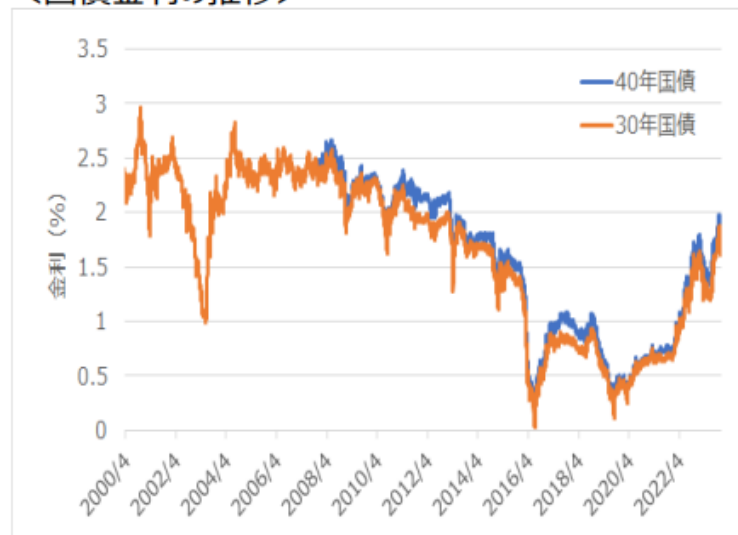
(社会的割引率の考え方)

- ・ 4%については、平成16年(2004年)の本技術指針策定時における過去複数年にわたる国債等の実質利回り参考値として設定。
- ・ 社会的割引率については、参考値として用いられている国債等の実質利回りが物価等の影響を受け変動することや、諸外国において社会的時間選好に関する研究の蓄積等により社会的割引率の設定が変更されていること等、最新の社会経済情勢等を踏まえ、参考比較のための値を設定してもよい。その値の適用は設定時点以降とする。
- ・ 参考比較のための値は平成15年(2003年)～令和4年(2022年)の期間の国債の実質利回りを踏まえた1%、及び、平成5年(1993年)～令和4年(2022年)の期間の国債の実質利回りを踏まえた2%を標準とし、令和5年度(2023年度)以降に適用する。

(赤字は現技術指針からの変更部分)

15

<国債金利の推移>



出典元：財務省HPデータより作成

- 以上の恒久対策案の再評価結果をまとめると下表の通りとなり、改めて算定したB/CはSTATCOMの場合には1以上であるが、ShRの場合には1を下回るケースがあることが確認された。
- したがって、**飛騨信濃FCの恒久対策としては、最も低コストに対策が可能なSTATCOMを設置**して、引き続き調整力の広域運用に活用する。

【費用便益評価結果※1】

			今回		前回	
			STATCOM	ShR	STATCOM	ShR
①	C【億円】		281～337	439～566	246	208
	内 訳	【1】イニシャル+ランニング	223～268	164～216	246	208
		【2】FC停止コスト	58～69	276～350	—	—
②	B※2【億円】		304～608		444～673	
③	B/C(②/①)		1.08～1.80	0.69～1.07	1.81～2.73	2.14～3.24

※1 一定の条件の元、設備耐用年数の22年で算定したもの。今後の状況変化により変わりのものであることに留意
合計は四捨五入の関係で一致しない場合がある

※2 第84回本委員会の試算値を元に算定。なお今回より便益にも割引率を考慮した