

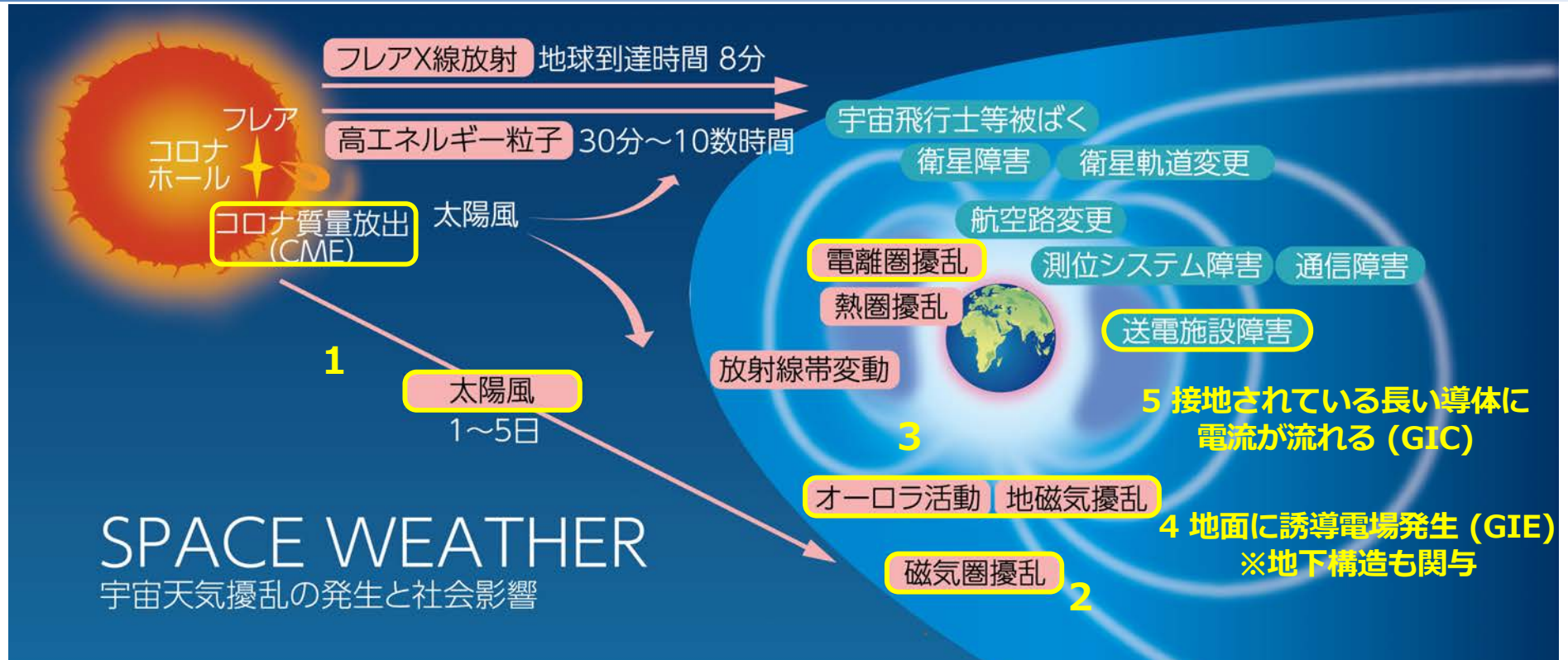
第17回宇宙天気ユーザーズフォーラム
オンライン開催・2022年12月13日(火)

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会 宇宙天気の警報基準に関するWGより 警報基準（電力）

情報通信研究機構 電磁波研究所
京都大学 生存圏研究所
情報通信研究機構 電磁波研究所
情報通信研究機構 電磁波研究所

中溝 葵（電力分野WG）
海老原祐輔（電力分野WG）
亘 慎一（電力分野WGアドバイザー）
津川 卓也（WGリーダー）

宇宙天気と電力システム



- 太陽活動によって電力システムに強い地磁気誘導電流 (GIC) が流れると、電力設備の誤作動や損傷につながるおそれがある。
- GICの発生メカニズムは次のとおり。
 - 1. コロナ質量放出 (CME) や高速太陽風が地球に到来→2.磁気圏擾乱→3.磁気圏・電離圏の電流が増強、地磁気擾乱発生 (オーロラ嵐・磁気嵐)
 - 4. 地磁気が乱れると地面に誘導電場が生じる (GIE: 地磁気誘導電場)
 - 5. GIEによって地面に接地されている長い導体に電流が流れる (GIC: 地磁気誘導電流)

電力分野の検討

英国での検討

- Extreme space weather: impacts on engineered system and infrastructure [Feb. 2013]

米国での検討

- National Space Weather Action Plan [Oct. 2015]、Space Weather Phase 1 Benchmarks [Jun. 2018]、National Space Weather Action Plan [Mar. 2019]、Next Step Space Weather Benchmark [IDA, 2019]

NERC（北米電力信頼度協会）

1989年3月イベントの地磁気変動を基にGIE推定式、および地下伝導度参照値を策定(GMDベンチマーク)。200kV以上の変圧器について、GMDベンチマークを用いて、GICが75A/1相以上流れる場合には熱影響評価が必要としている。 [May, 2016]

磁気緯度、他国と隣接した大陸国家vs海に囲まれた島国、送電線の長さ等の違いにより宇宙天気現象の規模はそのまま適用できないが、熱設計基準を参考とする。

我が国の場合

- 日本列島は中緯度域に位置するため、通常的地磁気擾乱ではGICは小さい。しかし巨大磁気嵐が発生すると、場所によっては大きなGICが流れる可能性がある。
- 巨大磁気嵐をもたらすのは、フレア起源の巨大CMEにほぼ限られる。
- 長時間変動（磁気嵐主相、時間スケール数時間）により変圧器加熱が懸念されることから、影響を起こしうる事象を検討。
短時間変動（磁気嵐初相、時間スケール数分）により商用周波数の高調波の影響も懸念、今後の検討。
- 閾値検討の拠り所としてNERC熱設計基準（ $GIC > 75A/1相 = 225A/3相$ ）を用い、当基準値に至る上流の現象規模（物理量）を検討。 →次ページ表
- GIC基準値は、検討会構成員との意見交換により、NERC基準（ $GIC > 225A/3相$ ）を基準とした注意報レベルのみとする。

電力分野の検討：閾値と発出タイミング

閾値と発出タイミング

警報種類	事例 (地磁気擾乱)	>0.5-1日 前	約0.5-1日前	10~30分前	現在1	現在2	現在3
		活動領域 太陽磁場	フレア/CME ※発生場所も考慮： ±30度	太陽風速度 太陽風磁場	地磁気擾乱@日本	GIE ※まずは全国一様として、柿岡地電場 を目安とする。(柿岡地磁気観測所によ る地電場観測は2021年2月終了) ※事業者様の警戒値を引続き検討	GIC ※事業者様の警戒値 を引続き検討
			← フレア/CME~dH@日本の関係 →		← 地磁気擾乱@日本 ~ 地電場(柿岡)/GICの関係 →		
 GIC注意報 [*1]	長時間変動 1859年, 1872年 1921年 (2012年地球と反 対側で同等規模 のCME発生) 短時間変動 1940年		右記GIE/GICを起こし うるフレアクラス /CME※	右記GIE/GICを 起こしうる太陽 風※	長時間変動：1200nT [*2] 1859年,1921年に発生 (1872年に上記を上回る規模の事 象が発生した可能性) 短時間変動：230nT [*2] 1940/03に発生	GIE~1V/km[*3]	225A/3相 [*4]
	 影響無 or 小	長時間変動 1989年 2003年 短時間変動 2003年				長時間変動：500-600nT [*2] 1989年,2003年に発生 短時間変動：100nT [*2]	GIE~0.5V/km [*3]

[*1] 注意報：NERC (北米電力信頼度協会) の熱設計基準を超えるGICが流れうる事象の発生時

[*2] 右の閾値を超えるdHをZhang & Ebihara (2022)より推定

[*3] 右の閾値を超えるGICをある電力設備で流しうるGIE値

[*4] NERC熱設計基準=225A

[*5] Ebihara+2021

[*6] Ebihara+2021と経産省報告書2015を組み合わせ、ある電力設備について推定

※：検討中(参考文献：Gopalswamy2018, Kataoka2020, NICT亘による解析)

※参考

2003年GIE(柿岡地磁気観測所)：0.5V/km、GIC(経産省報告書2015)：129A

1989年GIE(柿岡地磁気観測所)：0.4V/km、GIC(推定)：75A [*6]

1859年GIE(推定)：2.0±0.4V/km [*6]、GIC(推定)：496±174A [*6]

電力分野の警報基準

<input type="checkbox"/> 影響が無視できる範囲		<input checked="" type="checkbox"/> バックアップの準備等の適切な対応を要する範囲		
* 今後の研究により変わりうるもの ■ システムに依存するもの △ 障害というより「通常と異なる」もの				
分野	影響と被害	障害を起こし得る宇宙 天気現象・物理量	社会的影響発生頻度と影響	
			Lv 1	Lv 2
電力	地磁気誘導電流 (GIC) → 変圧器損傷	地磁気の長時間変動 (磁気嵐主相)		
社会的影響		-		変圧器加熱、損傷にいたる可能性。
計測・予測可能な物理量		-		GIC 225A/3相
国外基準との関連性 (米国、英国等)		-		NERC熱設計基準=75A/1相、225A/3相
予報・警報の必要なタイミング (現況、1時間前、2-3日前、数日前等)		-		フレア/CME検出時、0.5~1日前 ※事業者様と検討
予報・警報実現性、閾値情報更新への課題		-		上記GICを流しうるGIE,地磁気変動の閾値は最新研究により推定。フレア/CMEの閾値は文献等をもとに検討中だが高精度化には多分野にわたる研究が必要。
その他				磁気嵐の状況について適宜情報提供