



沖縄エリアにおけるシンプルサイクルガスタービンの必要性について

2025年9月2日
沖縄電力株式会社

1. はじめに

- 沖縄エリアでは既設石炭機の老朽化が進行しており、安定供給を確保しつつ脱炭素を進めることが課題となっている。今後の火力機は再エネ導入拡大を考慮し、再エネ電源のバックアップや、系統負荷が低い断面における系統の安定度向上を担う事が想定される。また、沖縄エリアは他エリアとの連系線の無い小規模単独系統であり、予備力を多く持つ必要がある。
- これらの事から、当社は新設電源として、シンプルサイクルガスタービン（以下、シンプルGT）を有力な候補と考えている。当社はこれまでも系統の総合的な高効率・経済運用のため、予備力としてシンプルGTを活用してきた。またCO₂排出量の観点からはLNGシンプルGTが有力な選択肢ではあるが、予備電源としては、燃料面での柔軟性や災害時対応の観点から石油シンプルGTの方が適している場面も多い。
- 一方で、シンプルGTについて、省エネ法の新設基準※を満たす機種はほとんど存在しない。再エネバックアップや予備力として、シンプルGTを低利用率で活用する事を前提に、沖縄エリアにおける特例的な措置についてご配慮頂きたい。

※工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準 別表第2の2 基準発電効率

2. 既設電源の老朽化と代替電源新設可能性

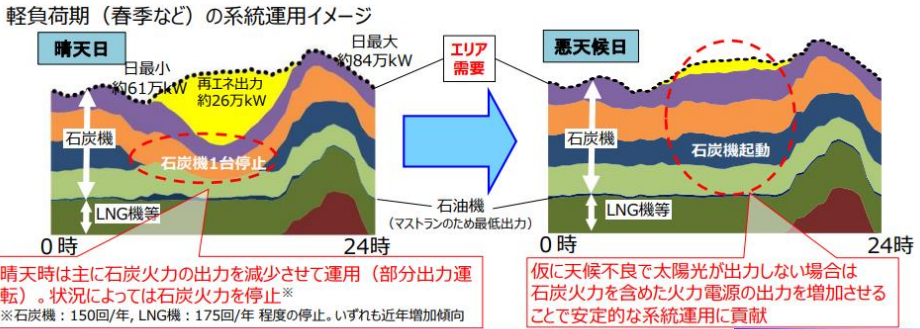
- 沖縄エリアでは既設電源の老朽化が進行しており、2030年代後半より石炭機は一般的に設備寿命とされる経年50年を迎える。
- 石炭機は運開当初はベースロード電源として運用されてきたが、再エネ導入量の拡大に伴い、一部の石炭機は再エネ電源のバックアップの役割も担ってきている。近年では年間数百回の起動停止を行う運用が既に実施されている。
- 更なる再エネ導入量の拡大やトランジション期におけるLNG電源の増設や利用拡大により、石炭機はより低利用率となってくる。CO₂排出係数と固定費が高く、経年劣化が進み供給信頼性が落ちた石炭機をバックアップ電源として活用するよりも、シンプルGTに代替しバックアップ電源や予備力として活用の方が安定供給・経済性・環境性のそれぞれの面から合理的。

沖縄エリアにおける石炭機の経年数

種別	号機	最大出力 (MW)	経年数（2025年度末時点） ※()は運開50年までの残年数	運開年月日
▼運開50				
石炭	1	156	39 (11)	1986年11月
	2	156	39 (11)	1987年3月
	1	156	32 (18)	1994年3月
	2	156	31 (19)	1995年3月
	1	220	24 (26)	2002年2月
	2	220	22 (28)	2003年5月

4. 沖縄エリアの系統運用について

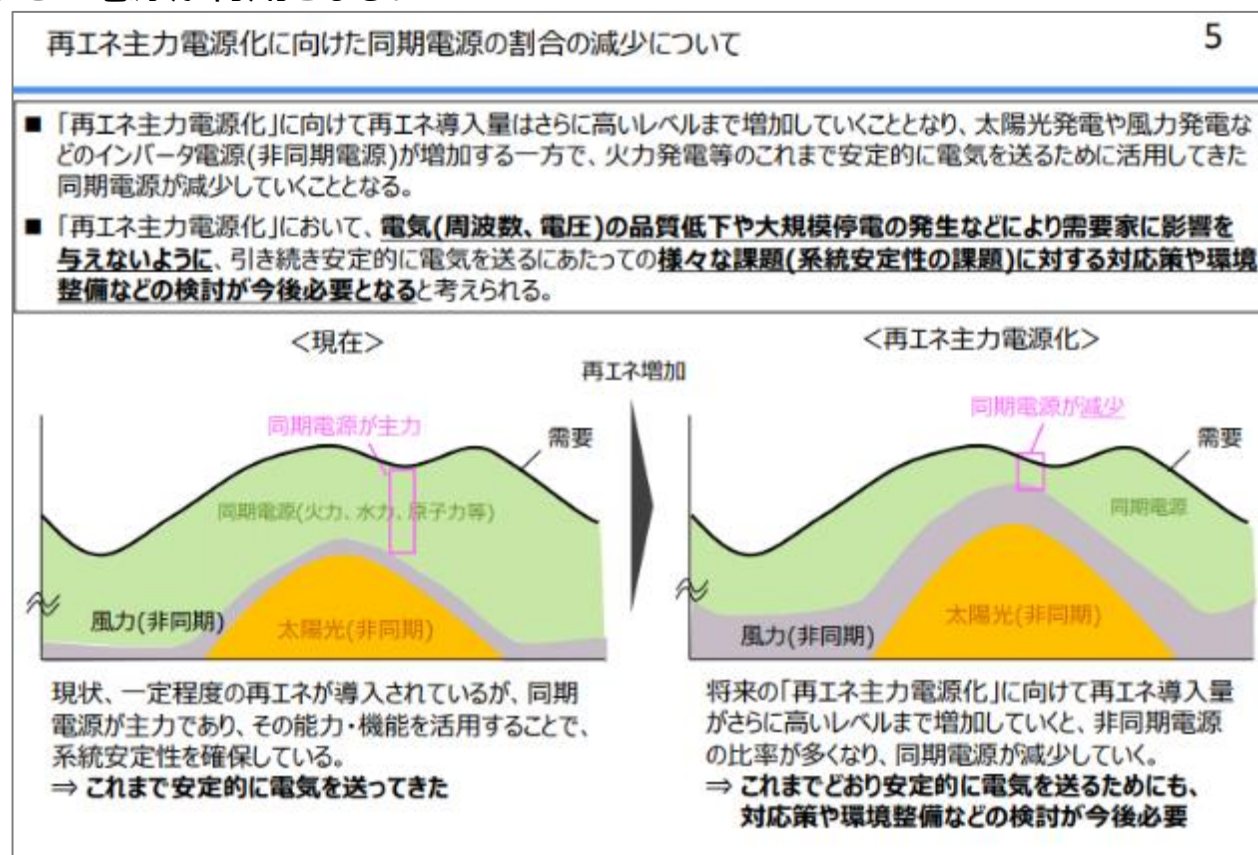
- 小規模独立系統の沖縄の電力需要は60～150万kW程度（本土比1%）であり、設備トラブル時の大規模停電を回避する観点等から、複数台に分散して発電する必要があります。そのため、本土のように60万kW規模といった大規模の発電機の導入は難しい状況です。
- また、石炭火力は一定出力で運用することが一般的ですが、沖縄エリアのすべての石炭火力は適宜出力を調整しながら運用され、電力の安定供給に大きく貢献しているほか、太陽光など変動しやすい再エネのバックアップ電源としても活躍しており、再エネ導入にも対応できる重要な電源です。



出所：第3回石炭火力検討WG（2020年9月18日）

3. 再エネ拡大における今後の火力発電の役割とシンプルGTの有効性 【機動性、慣性力】

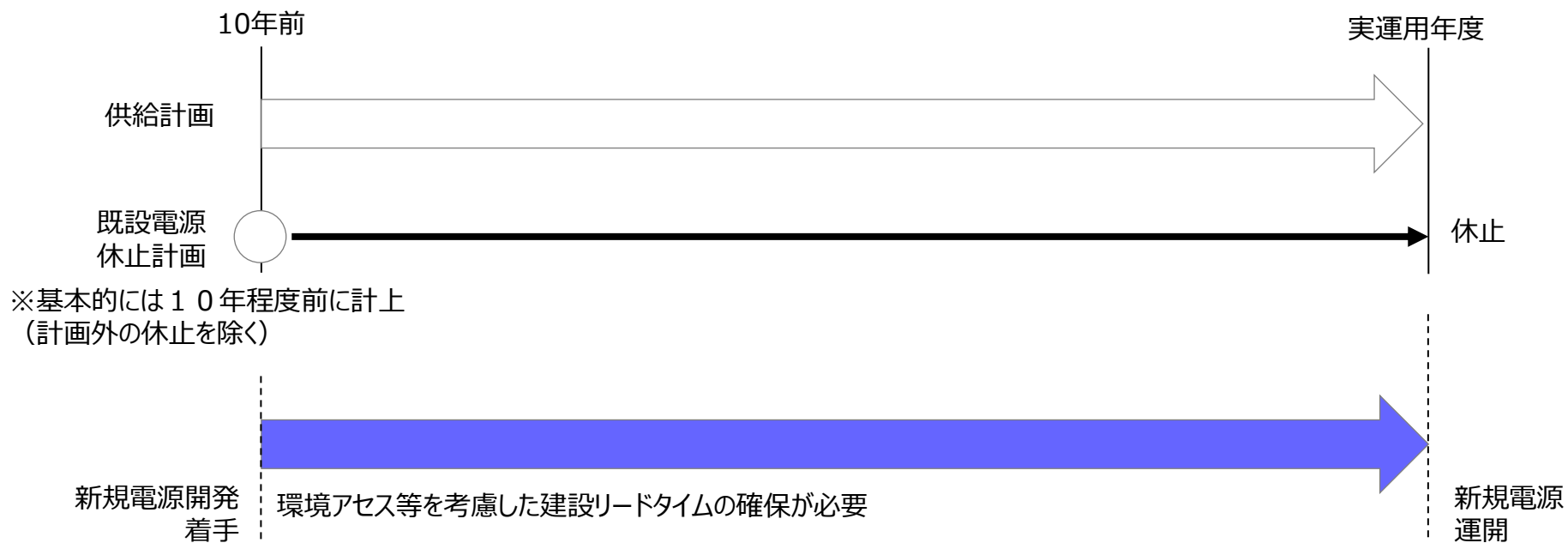
- 再エネ導入が増加すると最大電力が昼から夜に移行し、更に再エネ導入が増加しても夜間の最大電力は変わらず、ピーク対応電源は引き続き必要となる。
- 再エネは自然変動性があるため、**変動分についてはバックアップとなる機動性の良い電源が必要**となる。
- 最小需要が大幅に低下し、最低運用出力を下回った発電機は、系統から切り離すほかなく、系統に接続している同期発電機（火力発電等）が減少することになる。しかし、慣性力等の観点から同期電源が一定程度必要であり、最低運用出力が小さい電源が有用となる。



出所：第55回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会（OCCTO）（2020年10月27日）

4. 代替電源開発遅延に伴う電力供給への影響（リスクシナリオ）

- 既設電源の老朽化が進行し維持が困難と判断し休止となった場合、需給バランスがマイナスとなる事態も想定される。
- **老朽化した既設電源の延命化やGTCC（ガスタービン・コンバインドサイクル）新設（低利用率運用）、蓄電池の大量導入はコスト高となるほか、延命化した既設機の想定外の廃止などがあり、運用断面までに必要な供給力が調達されない場合、供給力が不足していく。**（※新規電源開発はアセス等を考慮し、リードタイムが必要。）



5. 沖縄エリアでシンプルGTが必要な理由について【経済性】

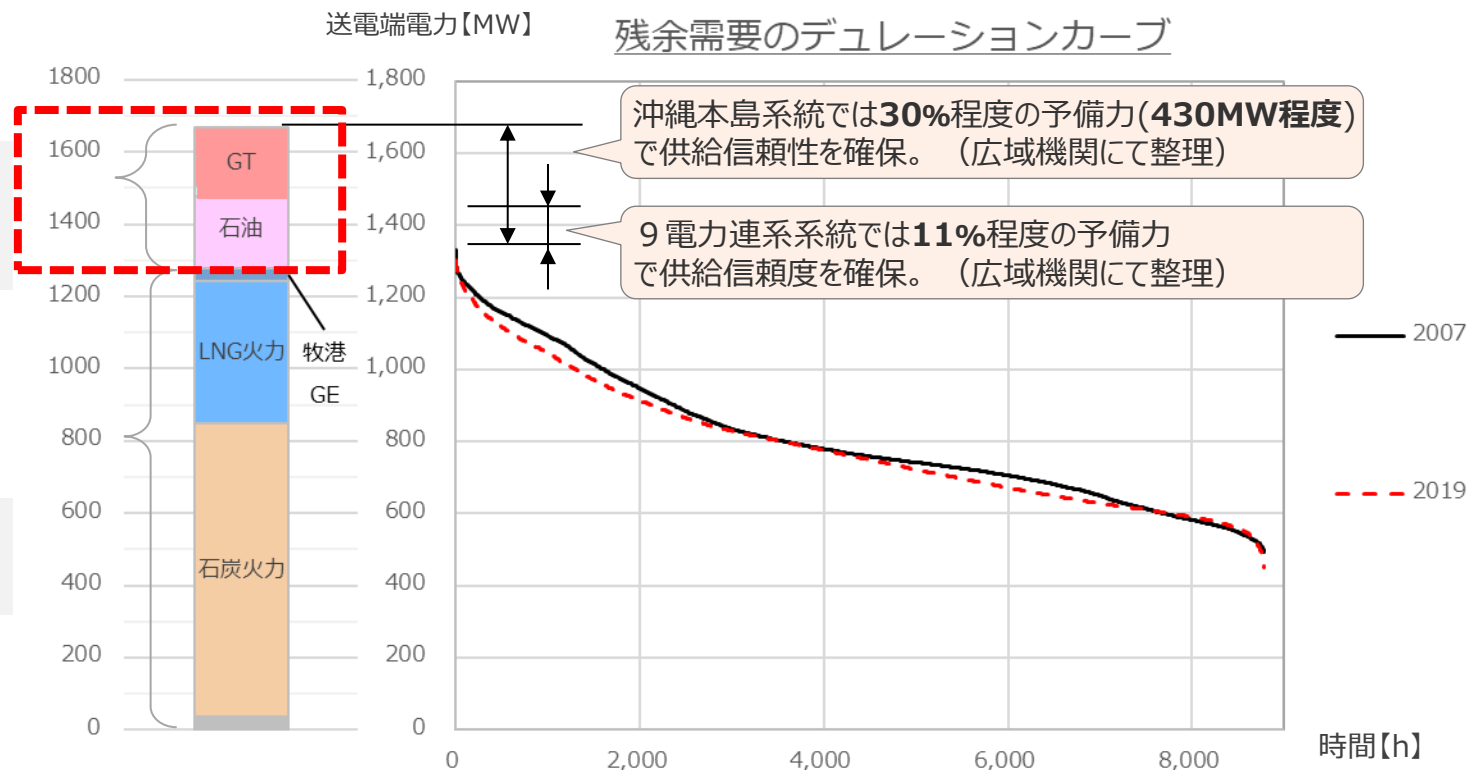
- 沖縄本島系統程度の**小規模単独系統**では、供給信頼度の確保のために必要となる「必要供給予備力」の割合も大きくなる。このため、ピーク・予備力を担う一部の電源は極端に利用率が低くなることから、このような電源は変動費は高くとも固定費が安い「シンプルGT」とし、**全体の発電コストを低減**することができる。
- また、小規模単独系統では、系統に接続する発電機が数台と少なく、発電機1台の突発的な停止に対応しようと各電源は常に余力を確保するために**低出力・低効率**で運転する必要がある、結果として**総合効率が低下する**。シンプルGTを待機電源として活用することで、**他の汽力機を高効率点で運転することができ、総合効率が向上し、発電コストや環境負荷の低減に寄与**することができる（次スライド参照）。
- 沖縄エリアの合理的な電源運用のためには上記の様に電源ごとに役割を分担する必要がある、電源ラインナップの一部にシンプルGTが必要である。

ピーク・予備力電源

⇒ 利用率が低く、競争力はない。休廃止となると、安定供給に懸念を生じるため、安価な供給力(kW)を確保する必要がある。

ベース・ミドル電源

⇒ 利用率が一定程度あり、固定費が高くとも競争力があり、投資回収が可能。



【参考】 小規模単独系統におけるシンプルGT活用による総合的な効率運用

- 小規模単独系統において、仮にシンプルGTが無く、発電機1台の突発的な停止（N-1事故）に対応しようとする、各電源は常に余力を確保するために**低出力・低効率**で運転する必要があり、結果として**総合効率が低下**。
- 一方、機動性の高いシンプルGTをN-1事故対応用として待機させておくことで、各電源を**高出力・高効率**で運転することができ、**総合効率が向上し環境性・経済性の高い運用**を実現。

シンプルGTが無い場合の運用方法

発電機A



■ 出力 ■ 余力

発電機B



■ 出力 ■ 余力

発電機C



■ 出力 ■ 余力

発電機D



■ 出力 ■ 余力

N-1事故対応のため、各発電機を低出力・低効率点で運用
⇒ **総合効率が悪い**

現行の運用方法

発電機A



■ 出力 ■ 余力

発電機B



■ 出力 ■ 余力

発電機C



■ 出力 ■ 余力

シンプルGT（待機）



■ 出力 ■ 余力

機動性の高いシンプルGTをバックアップとし、各発電機を高出力・高効率点で運用
⇒ **総合効率が向上**

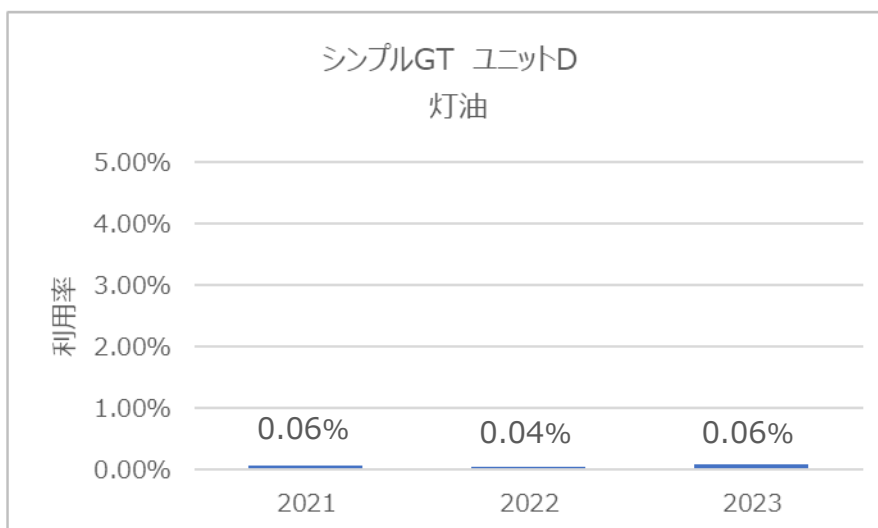
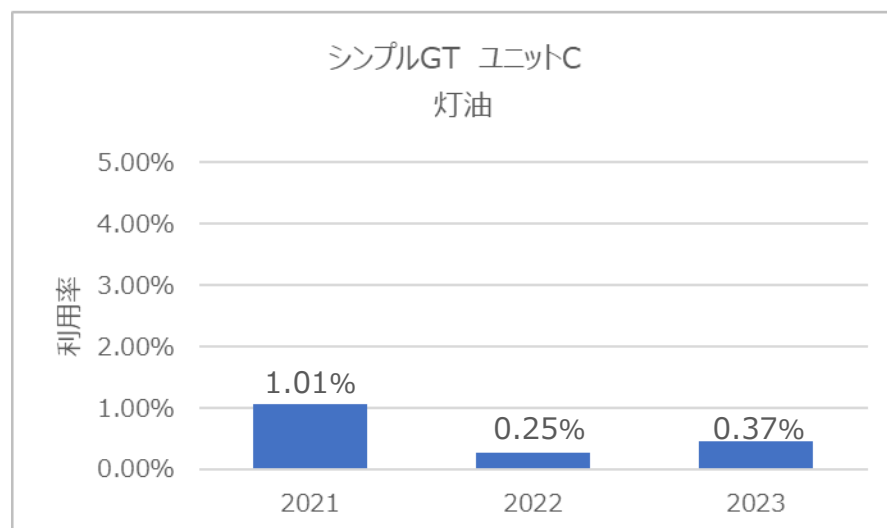
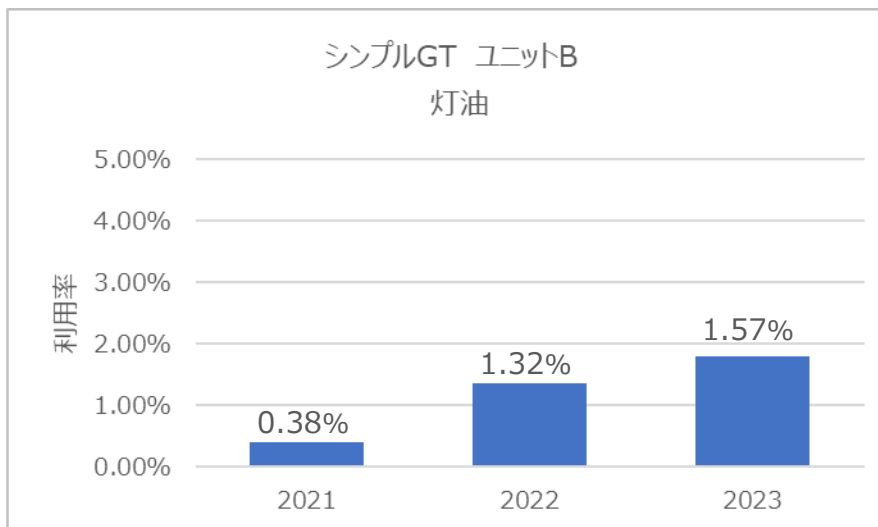
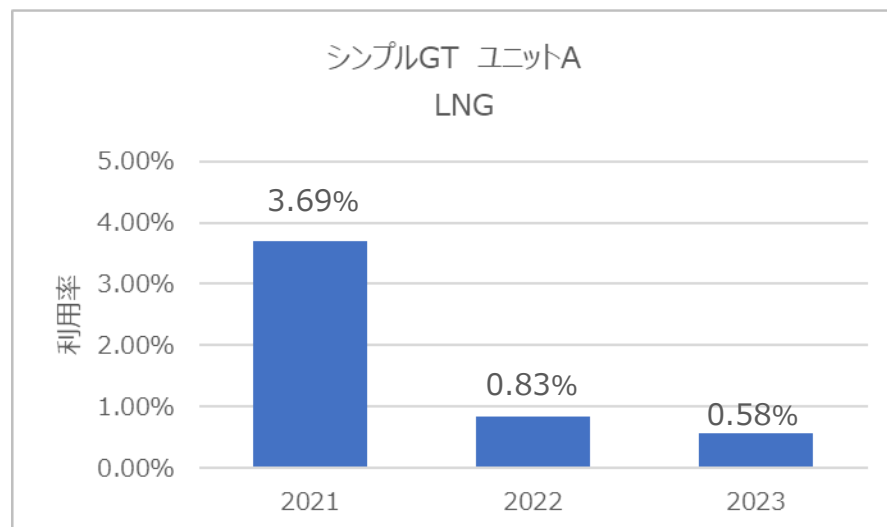
6. 他の電源種と比較した場合のシンプルGTの有効性 【機動性、慣性力、経済性】

- シンプルGTは他の電源種と比較し、発電効率は低いものの、**機動性が良く、下限出力も低く、固定費も安価。**またガスエンジンと比較して慣性力に優れる。再エネ大量導入時にはバックアップ電源として待機する役割や、最小負荷時等に再エネの出力制限を緩和するための電源としての活用が想定される。

項目		石油/LNG	LNG	石油/LNG	【参考】重油	【参考】石炭	備考
		シンプルGT	GTCC	エンジン	汽力	汽力	
機動性	応答速度 (変化速度) [%/min]	6.0 ~	5.0 ~	15.0 ※1	2.5 ~	2.0 ~	※1 工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準 別表第2の2 基準発電効率より
	下限出力 [%]	10 程度	50 程度	30 程度	50 程度	40 程度	
出制の緩和	慣性力	大	大	小	中	中	その他の数値については 弊社調べ
	発電効率 (発電端,HHV) [%]	30.0 ~	50.5 ~ ※1	44.5 ~ ※1	39.0 ~ ※1	42.0 ~ ※1	
効率	CO2排出量 (定格運転時) [kg-CO2/kWh]	LNG : 0.61 灯油 : 0.82	0.36	LNG : 0.41 軽油 : 0.56	0.70	0.77	上記効率で発電時のCO2排出量を算定。CO2排出係数はSHK制度を参照。
	固定費 (建設費) [万円/kW]	6~14 ※2	26.8 ※3	19.0 ※3	29.3 ※3	26.5 ※3	
コスト							※2 Gas Turbine World 2024を参考に弊社算定 ※3 発電コスト検証WG 2024より

7. シンプルGTの活用実績について【利用率】

- 2021年度～2023年度におけるシンプルGTの活用実績を集計した。
- 調査の結果、利用率（＝発電電力量 / 定格出力×(8,760-発電設備のメンテナンス等による休止時間)）は**5%未満**であった。



8. 国内外主要メーカーのシンプルGTスペック【熱効率、変化率】

国内外主要メーカーのシンプルGTスペック

出力（発電端）[MW]	熱効率(HHV)[%]	変化率[%/min]
100MW以下	30.4～33.8%	8.3～44.4%
100～250MW	31.7～35.0%	6.1～16.7%
250～300MW	36.4～38.2%	6.4～19.0%
300～500MW	36.8～40.0%	9.3～19.3%

※各数値は、各メーカーのHPカタログ値

※第5回DACワーキング資料より、LNG換算係数（高位⇒低位発熱量）0.911により換算

※熱効率はISO基準(15℃)で表記

9. 当社の沖縄本島系統における最大単機容量 【設備容量】

発電設備概要[MW]

種別	発電所名	認可最大出力[MW]	内訳[MW]		経年数[年]	使用燃料
汽力	牧港	125	9号	125	44	重油
	石川	250	1号	125	51	
			2号	125	47	
	具志川	312	1号	156	31	石炭
			2号	156	30	
	金武	440	1号	220	23	
			2号	220	22	
	吉の浦	502	1号	251	12	LNG
			2号	251	12	
小計	1,629	9基				
シンプルGT ・ 内燃力	牧港	163	1号	60	48	灯油
			2号	103	35	
	石川	103	1号	103	33	
	吉の浦マルチ	35	-	35	10	
	牧港ガスエンジン	45	1~6号	7.5×6	1	
	小計	346	10基			

10. 石油シンプルGTが必要な理由について

- 沖縄においては、地理的・需要規模の制約により水力発電および原子力発電の開発が困難なことから化石燃料に頼らざるを得ず、**LNG・石油・石炭といった燃料種の多様化を考慮した電源構成**となっている。
- CO₂削減に向けてLNGの利用拡大を図りつつも、LNGのみに依存することは燃料セキュリティ上の懸念があり、安定供給に支障が出るおそれがある。
- 石油は常温で安定的に保管でき、長期備蓄が可能であることから、非常時や燃料供給途絶時に備えた**待機電源の燃料種として極めて有効な選択肢**である。
- 沖縄のような独立系統では、燃料供給の途絶が即座に電力供給の不安定化につながるため、バックアップ電源の選択肢の一つとして、将来的にクリーン燃料導入の環境が整備されるまでは、石油シンプルGTも必要である。

火力発電における各電源の特徴

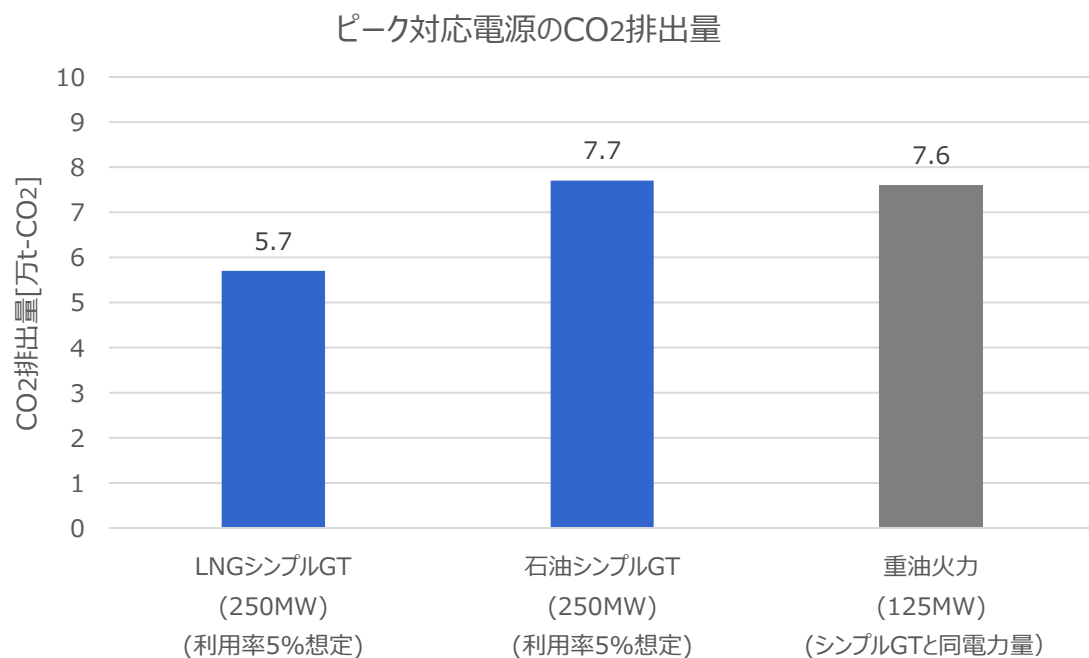
	LNG 機	石油機	石炭機
経済性※	石炭に比べて 熱量あたりの単価が割高	熱量あたりの 単価が最も高い	熱量あたりの 単価が最も安い
環境性	化石燃料の中では 温室効果ガスの 排出量が最少	温室効果ガスの 排出量が LNG に次いで少ない	温室効果ガスの 排出量が多い
運転特性	電力需要の変動に 応じた出力変動が容易	電力需要の変動に 応じた出力変動が容易	緩やかな 出力変動は可能

※一般的には記載の通りですが、経済性については世界情勢の影響を受けます

出典：おきでんグループ統合報告書 2024（一部抜粋）

1 1. シンプルGT導入による環境影響について 【環境性】

- 仮にシンプルGT（250MW※）を年間利用率5%で運用した場合のCO₂排出量は、以下の通り。ピーク対応をする他電源と同等か改善する方向となる。※沖縄エリアの最大単機容量として最大量を想定
- またシンプルGTの導入は、環境への影響を抑えつつ、系統の安定度向上に寄与する。



※シンプルGT（250MW）は熱効率は35%を想定

※重油火力（125MW）は熱効率は39%を想定

※CO₂排出係数は算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧より下記の通り

LNG：54.7GJ/t、2.79t-CO₂/t、 灯油：36.5GJ/kl、2.5t-CO₂/kl、 重油：41.8GJ/kl、3.1t-CO₂/kl

シンプルGTの系統への貢献

- シンプルGTは、短時間・低利用率運用に適しており、バックアップ電源として有効
- シンプルGT導入により、出力調整可能な電源を確保
- 変動性のある再エネ導入余地が拡大



沖縄エリアにおけるシンプルGTの導入は、環境に調和した電源構成の一助になり、持続可能な電源開発に向けた有効策となる

用語	解説
予備力	電力需要の急増や発電設備の故障など、突発的な事態に備えて確保しておく余剰の発電能力。
ピーク対応電源	電力需要が最大となる時間帯（ピーク時）に対応するために運用される発電設備。通常は短時間のみ稼働し、需要の急増に迅速に対応できる。
機動性	発電出力を迅速に変化させる能力。再エネの変動に対応するために重要。
慣性力	同期発電機が持つ回転エネルギー（回転体の慣性モーメントに比例）により、周波数変動を抑える力。電力システムの安定性に寄与。
シンプルGT	ガスタービン単体で発電する方式。複合サイクル（GTCC）に比べて効率は低いですが、機動性が高く、固定費が安価。
N-1事故対応	主要な発電設備の1つが突発的に停止した場合でも、電力供給を維持できるようにする思想。
利用率	理論上最大限発電できる電力量に対して、発電設備が実際に発電した電力量の割合。
低利用率運用	年間を通して稼働時間が短く、発電量が少ない運用形態。
熱効率	投入された燃料の熱量に対して、電力として取り出せる量の割合。高いほど効率的な発電が可能。一般的に出力が高いほど効率も高くなる。