

(審議)

ガスタービン取替え時における工事計画届出
等が必要な出力要件に係る規制緩和要望に
対する対応について

平成25年3月19日

電力安全課

目次

1. はじめに
2. 現行規制の概要
3. 検討の視点
4. 出力規模1万kWと5万kWとのリスクの相違について
5. 取替え時の工事計画届出及び使用前自主安全管理検査の必要性について
6. まとめ

1. はじめに

- 出力1万kW以上のガスタービンを取り替える際には、電気事業法に基づく工事計画の届出(国による技術基準適合の審査)及び使用前自主検査(国等による検査の実施体制の審査)が必要である。
- 先般、一般社団法人日本ガス協会(以下「ガス協会」という。)から、「工事計画の事前届出が必要ないガスタービンの発電出力を「5万kW未満」まで拡大することを要望」との規制緩和要望があり、政府として「ガスタービンの取替工事について、出力1万kW未満のものと5万kW未満程度のものについて、爆発や破片の外部への飛散等の設備損壊時のリスクが同等程度と評価できるか、また全て同一設計になっているのかといった点につき、事業者の意見を踏まえ、安全性に係る技術的確認が得られ次第、見直しを行う。実施時期は平成24年度検討開始、結論を得次第措置。」と閣議決定している(「エネルギー分野における規制・制度改革に係る方針」(平成24年 4月3日))。

2. 現行規制の概要(ハード面)

- 火力設備(ボイラー、蒸気タービン、ガスタービン、内燃機関)は、現行、新設(設置)、改造、取替え時における工事計画や使用前自主検査及び使用前安全管理審査(以下、検査及び審査を両方併せたものを「使用前安全管理検査」という。)に係る規制について、各設備の特徴やリスク等に応じ、それぞれ出力規模ごとに対象範囲が定められている。

[主な設備・機器における工事計画及び使用前自主検査等の対象範囲]

電気事業法施行規則別表第二に規定

設備・機器		新設(設置)	改造	取替え
ボイラー (*1)		○	○	○
蒸気タービン (*1)	1,000kW以上	○	○	○
	1,000kW未満	× (*2)	×	×
ガスタービン	10,000kW以上	○	○	○
	10,000kW未満 1,000kW以上	○	×	×
	1,000kW未満	×	×	×
	10,000kW以上	○	×	○
内燃機関	10,000kW以上	○	×	○
	10,000kW未満	×	×	×

今回の規制緩和要望は、取替えに係る規制不要の対象範囲を従来の10,000kW未満から、50,000kW未満に拡大すること。

(*1: 300kW未満等一定の要件を満たした小型汽力発電設備を除く。)(*2: 汽力の火力発電所として新設される場合は「○」となる。)

3. 安全上の検討項目

＜出力規模1万kWと5万kWとのリスクの相違について＞

- ・ 1万kW未満と1万kW以上5万kW未満のガスタービンの仕様等の比較や最近の事故発生状況から、出力規模の相違によるリスクの相違について把握する。

＜検討事項＞

(1) 取替え時の工事計画届出の必要性について

- ・ 工事計画届出の必要性を確認するとともに、最近の事故発生状況等も踏まえ、取替え時の工事計画届出の必要性について検証する。

(2) 取替え時の使用前安全管理検査の必要性について

- ・ 使用前安全管理検査の必要性を確認するとともに、ガス協会によるガスタービン取替え時の施工不良等のリスク想定や規制がなくなった場合の自主的な代替措置の妥当性及び実効性を評価する。

4. 出力規模1万kWと5万kWとのリスクの相違について

規制見直しを行えるとする根拠・理由(ガス協会)

- 近年、メーカは5万kW程度までのガスタービンのシリーズ(*)化を行い、設計思想は1万kWと同じであるため、安全性も同等程度が確保できる。
(*:今回検討対象のシリーズ化とは、現地にて別の同一型式のガスタービンの交換工事が行えるタイプをいう。)
- 今回、出力5万kWまでのガスタービンの取替え規制の見直し(廃止)要望対象のメーカは、国内外の3社4機種であり、これらは、同一仕様・同一材料である別のガスタービンを現地にて取替えるものであり、同一の安全の考え方、信頼性(品質管理)等を有したものである。
- また、航空機転用型のガスタービンは、取替えを前提とした設計を行っている。

考察・評価(経済産業省)

- (1) 1万kW未満と1万kW以上5万kW未満のガスタービンの仕様等を比較(参考資料6. 参照)すると、出力規模が大きくなるに従い、燃料ガス(LNG等)の使用量が増加するとともに、タービンを回すための燃焼ガスに係る温度や圧力も高くなる。また、重量自体も大きくなる。
- (2) このことから、出力規模が大きくなるに従い、ガスタービンの危険性に関する蓄圧・蓄熱エネルギーが増大するとともに、回転体が破損等した際に危険な回転体の回転エネルギーも増大する。これについては、出力の1.5乗に比例して増加するとの試算がある。(*) (例えば、1万kWと5万kWのガスタービンのエネルギーを比較すると、エネルギーが11倍程度増加する。)
- (3) 一方、最近(過去5年間)の**事故発生状況**(別紙参照)から、1万kW未満と1万kW以上5万kW未満のガスタービンの事故を比較すると、取替え時の規制のある**1万kW以上5万kW未満のガスタービンの事故率の方が顕著に高くなっている**。このうち、取替え後の事故は、全てシリーズ化しているガスタービンであった。
- (4) このことから、シリーズ化等の設計思想の同一化は、同一製法や品質保証を含む同一管理にメリットを生み出すものであるが、必ずしも安全性を担保するものとは言えない。
- (5) 以上のことから、1万kW未満と1万kW以上5万kW未満のガスタービンでは、取替え規制のある**1万kW以上5万kW未満のガスタービンの方がリスクが高いと言えるのではないか。**

(別紙)最近の事故発生状況(概要)

- 取替え規制がない1万kW未満のガスタービンと、取替え規制がある1万kW以上5万kW未満のガスタービンを比較すると、取替え規制のあるガスタービンの事故率の方が著しく高い。また、取替え後の事故率も高い。取替え規制のあるガスタービンの事故原因としては、設計(*)及び施工の不良が大半を占めている。

(*:ここでの設計とは、製造等の際に必要な詳細設計をいう。)

(以下、経済産業省調べ)

(1)ガスタービンに係る事故数(過去5年)

出力 (kW)	事故数 (事故率)	うち取替後 (事故率)
1万以上 5万未満	$\frac{13}{158_{(*1)}} \quad (8.2\%)$	$\frac{3}{25_{(*2)}} \quad (12\%)$
1千以上 1万未満	$\frac{14}{512_{(*1)}} \quad (2.7\%)$	4

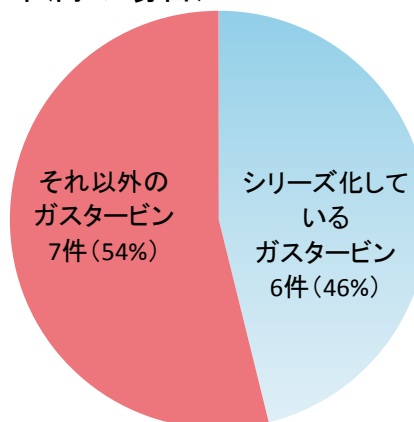
(*1:設置数、*2:取替え数)

(3)事故の被害内訳(1万以上5万kW未満の場合)

被害	原因
タービンの動翼・静翼の折損・損傷等	設計不良・高サイクル疲労等
ガス圧縮機の損傷	施工不良等
空気圧縮機の動翼・静翼の折損・損傷等	施工不良、高サイクル疲労
その他(燃焼器取付ノズル部及び電解コンデンサの損傷、発電機の絶縁不良)	設計・施工不良

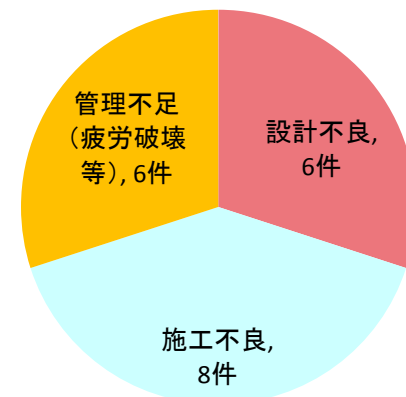
(2)事故の内訳(1万以上5万kW未満の場合)

	件数	うち 取替後
シリーズ化しているガスタービン	6	3
上記以外のガスタービン	7	0



(4)事故の原因内訳(1万以上5万kW未満の場合)

	件数	うち 取替後
設計不良	6	3
施工不良	8	2
管理不足(疲労破壊等)	6	2



(原因が複数のものもある。)(出所:電気関係事故報告(過去5年分))

5. 取替え時の工事計画届出及び安全管理検査の必要性について

考察・評価(経済産業省)

<取替え時におけるガスタービンに係る工事計画届出及び安全管理検査の必要性について>

(1) 取替え時におけるガスタービンに係る工事計画の必要性

- 最近(過去5年間)の事故発生状況(別紙参照)を見ると、タービンミサイル(*)のような公共の安全に影響を与えるような重大な事故は発生していないものの、工事計画届出等取替え時の規制のあるガスタービンについて、取替え後においては、設置された全設備に比べ、事故率が高くなっている。また、これら全ての事故は、シリーズ化しているガスタービンとなっている。
- 以上のことから、ガスタービン取替え時の工事計画届出規制については、重大事故を防ぐという公共の安全の確保の観点から一定の必要性はあると言えるのではないかと。

*: 高速回転しているタービンの羽等が破損等した場合、保有する回転エネルギー(遠心力)によりタービンカバーや建物の壁を突き破ってミサイルのように飛んでいく事象(事故)のこと。

(2) 取替え時におけるガスタービンに係る使用前安全管理検査の必要性

- 最近(過去5年間)の事故発生状況(別紙参照)を見ると、施工不良を原因とした事故も多く、法定か否かにかかわらず、ガスタービン取替え時における現行の使用前自主検査と同様の検査は必要ではないかと。
- 他方、ガス協会によれば、法定義務としての取替え時における使用前自主検査及び使用前安全管理審査を廃止した場合、負荷試験・負荷遮断試験等の自主的な検査の実施や主要な重故障項目の運転中監視を行うとしている(参考資料7. 参照)。
- しかしながら、法定の自主検査及び審査が廃止された場合、現在規制が課せられているガスタービンに係る全ての設置者が、安全上必要なこれら全ての項目に係る代替措置について、同様の自主的な対応措置をとることは制度的に担保し得ないのではないかと。

6. まとめ

- ガス協会によるガスタービンの取替え時における安全規制に係る出力規模要件の拡大要望について、出力規模1万kWと5万kWとのリスクの相違や事故実績を踏まえ、(1)取替え時の工事計画届出の必要性、(2)取替え時の使用前安全管理検査の必要性 の視点から検討を行った。
- その結果、
 - ・1万kW未満よりも、取替え時の保安規制のある1万kW以上5万kW未満のガスタービンの方がリスクが高い。
 - ・事故実績からは、施工不良を原因とした事故も多く、1万kW未満よりも1万kW以上5万kW未満のガスタービンの事故率の方が著しく高い。また、取替え後の方が高い。
 - ・これらを勘案すると、取替え時の工事計画届出は、公共安全の確保の観点から必要ではないか。
 - ・また、取替え時の使用前安全管理検査は、別のガスタービンを設置するものであることから、使用前自主検査又はこれと同等以上の検査は必要ではないか。
 - ・しかし、法定の使用前自主検査を不要とした場合に、同等以上の検査が自主的になされることについて、制度的に担保し得ないのではないか。
- 結 論：
 - ・ガスタービンの取替え時における工事計画届出及び使用前安全管理検査を不要とする範囲を1万kW未満から5万kW未満に引き上げることは、妥当とは言えないのではないか。

なお、本検討に当たっては、提案者であるガス協会から数次にわたるヒアリングを行ったものの、ガスタービンの取替え時における安全性に係る技術的確認が得られるだけのデータ等の提供は得られなかった。

参考資料集

目 次

参考資料1. 規制緩和要望と政府の対応方針

参考資料2. ガスタービン発電のしくみと構造

参考資料3. 現行規制の概要（ハード面）

参考資料4. 工事計画届出の役割・意義について

参考資料5. 取替え時の使用前安全管理検査の役割・意義
について

参考資料6. 出力規模によるガスタービンの仕様等の比較

参考資料7. リスクの識別と取替え時の安全性確認

参考資料1. 規制緩和要望と政府の対応方針

【規制改革要望事項】ガスタービン取替えにおける工事計画の事前届出が必要な出力の緩和

(1) 規制緩和要望

要望内容	要望の背景、具体的内容
工事計画の事前届出が必要ないガスタービンの発電出力を「5万kW未満」まで拡大することを要望	近年、航空機エンジン技術を応用した5万kW程度までのガスタービン市場への普及が進んでいる。航空機用エンジンは比較的軽量であり、メンテナンスは、ローテーション方式(取替え方式)が主流となっている。この方式により、設備の停止期間が短縮でき、電力供給支障へ与える影響が軽減される。 しかし、電気事業法第48条第2項により、1万kW以上のガスタービンの取替えは事前届出が必要で、届出受理から30日経過しないと工事を開始できず、不具合により急な取替えの必要が生じた場合、30日間の供給支障が生じるため、ユーザーには大きな問題が生じる。近年、メーカーは5万kW程度までのガスタービンのシリーズ化を行っており、設計思想は1万kWと同じであるため、安全性についても同等程度が確保できる。

(内閣府規制・制度改革に関する分科会第2ワーキンググループ(エネルギー)[第3回(平成24年1月12日)](一社)日本ガス協会提出資料より抜粋)

(2) 政府の対応方針

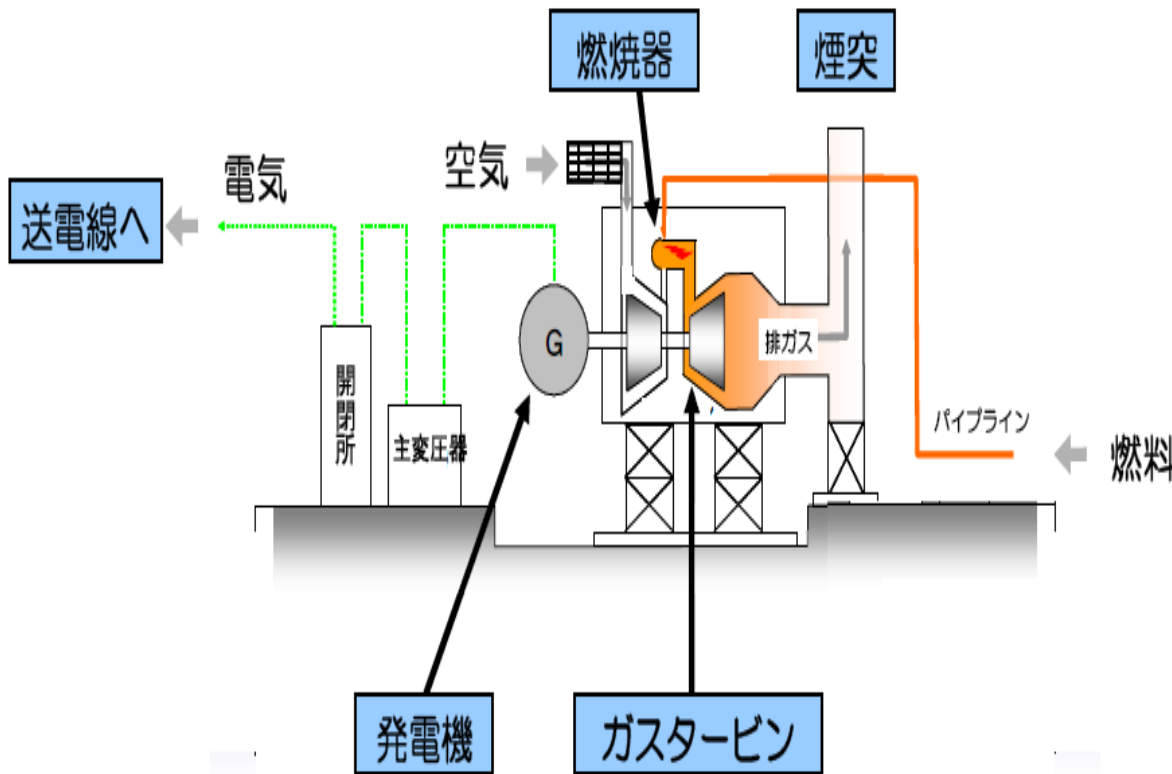
エネルギー分野における規制・制度改革に係る方針(平成24年4月3日閣議決定)

規制・制度改革の内容	実施時期
ガスタービンの取替工事について、出力1万kW未満のものと5万kW未満程度のものについて、爆発や破片の外部への飛散等の設備損壊時のリスクが同等程度と評価できるか、また全て同一設計になっているのかといった点につき、事業者の意見を踏まえ、安全性に係る技術的確認が得られ次第、見直しを行う。	平成24年度検討開始、結論を得次第措置

参考資料2. ガスタービン発電のしくみと構造

- ガスタービン発電とは、LNG(液化天然ガス)や灯油や軽油などの燃料を燃やして温度の高い燃焼ガスをつくり、そのエネルギーによってガスタービンを回し、電気をつくる発電方式。
なお、航空機転用型のガスタービンもある。
- ガスタービンは、主に圧縮機、燃焼器、タービンの三つの構成要素から成り立っており、吸い込まれた気体は、これらの要素を順に通過していき動力を発生し、排気される。

ガスタービン発電所のしくみ(例)



(出所: 東北電力(株)ホームページ)

ガスタービンの仕組み

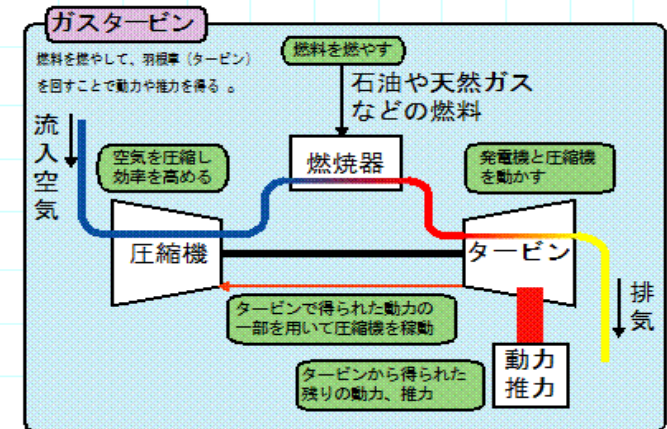


図1-1-2

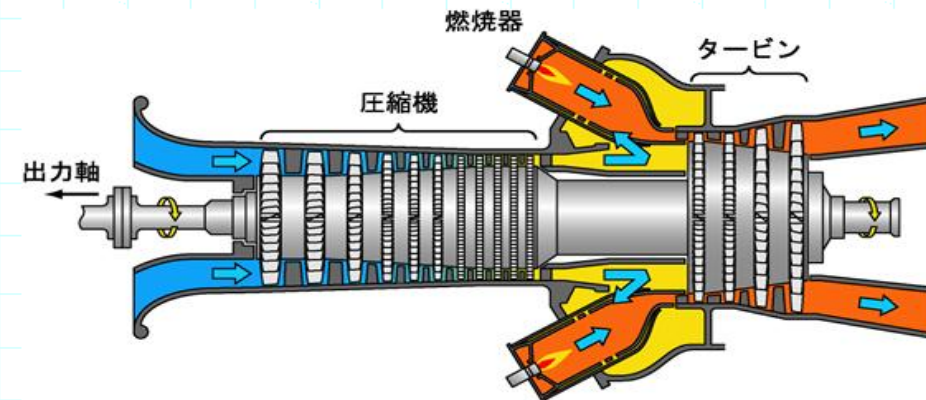
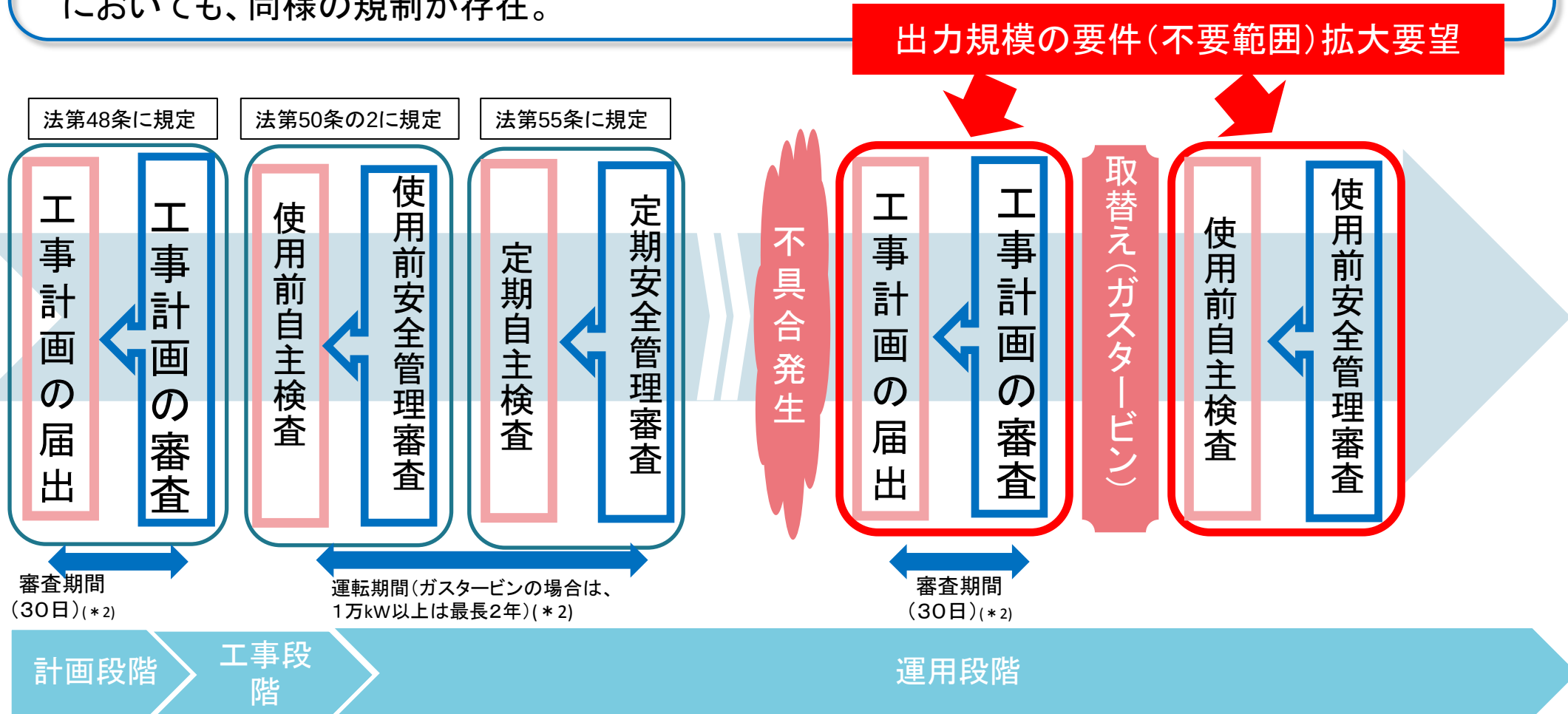


図1-1-3

(出所: (公社)日本ガスタービン学会ホームページ)

参考資料3. 現行規制の概要(ハード面)

- 電気事業法上のハード面における保安規制として、重要な設備(火力設備ではボイラー、タービン等)については、工事計画の届出(国による技術基準適合の審査)及び使用前自主検査(国等による検査の実施体制の審査)がある。
- ボイラーや一定規模以上の蒸気タービン、ガスタービン、内燃機関等については、取替え(*1)時においても、同様の規制が存在。



(*1) 取替えとは、設備又は機器を従前のものと同一仕様・同一材料のものと取り替える工事のこと。

(*2) 例外規定あり。



: 設置者(事業者)の行為



: 国(又は登録安全管理審査機関)の行為

参考資料4. 工事計画届出の役割・意義について

(1) 工事計画届出の役割・意義について

- 電気事業法第48条に基づき、事業用電気工作物のうち、ガスタービンをはじめとする公共の安全の確保上重要な設備・機器等の設置又は変更の工事を行う前に、設置者に対しその工事の計画を国に届け出ることが義務付けられている。
- 国は、当該工事計画が届け出られてから30日以内に、公共の安全の確保等の観点から、国が定める技術基準に適合しているか否か等について審査を行う。
- 審査の結果、当該技術基準等に適合していないと認める時は、公共の安全等が確保できないと判断し、設置者に対して、当該工事計画を変更又は廃止すべきことを命ずることができる。

(2) 取替え時における工事計画の役割・意義について

- 一定規模以上の設備・機器については、取替え時においても、新設(設置)時と同様に工事計画届出義務が課せられている。
- このため、取替え時における工事計画の役割・意義については、新設(設置)時と基本的には同じで、審査に当たっては、新設(設置)時と同一の審査を行うことになる。
- その際、設置後、技術基準(技術基準の解釈を含む。)が改正された場合は、新しく改正された技術基準又は技術基準の解釈に基づき、技術基準適合性の確認をする必要がある。さらに、当該設備が事故等を引き起こしている場合には、事故再発防止対策等のフォローアップを併せて行える機会となる。

参考資料5. 取替え時の使用前安全管理検査の役割・意義について

(1) 使用前安全管理検査の役割・意義について

- 使用前安全管理検査は、使用前自主検査と使用前安全管理審査からなる。
- 電気事業法第50条の2に基づき、原則として、工事計画届出がなされた設備・機器等に関する工事の完了後、その使用前に当該設備・機器等について設置者自らが検査を行い、その検査結果を記録する義務が課せられている(使用前自主検査)。
- 検査事項としては、①当該工事が国に届け出た工事計画に従って行われたものであること。②技術基準(技術基準の解釈を含む。)に適合するものであること の確認が必要。
- 一方、国(又は登録安全審査機関)は、設置者が行った使用前自主検査の結果記録を含む使用前自主検査の実施に係る体制について、設置者の安全管理の妥当性の観点から審査を行う(使用前安全管理審査)。
- 審査事項としては、使用前自主検査の実施に係る組織、検査の方法、工程管理等6項目。
- 国等が行う当該安全管理審査の意義は、設置者の自主検査を補完するとともに、設置者の保安に係る取組を促すことにある。

(2) 取替え時における使用前安全管理検査の役割・意義について

- 取替え規制の対象となるガスタービンはじめとする設備・機器は、同一仕様・同一材料であるものの、取替え時には別のガスタービン等を設置することになることから、施工時や運転時の潜在的リスクは新設(設置)時と変わるものでないため、据付け状態や技術基準等で求められている安全上必要な性能・機能を改めて確認する必要がある。
- このため、取替え時における使用前自主検査・使用前安全管理審査の役割・意義については、新設(設置)時と全く同一であり、同一の効果を有する。

参考資料6. 出力規模によるガスタービンの仕様等の比較

- 出力規模が大きいと、燃料ガス(LNG等)の使用量が増加するとともに、タービンを回すための燃焼ガスに係る温度や圧力も高くなる。また、重量自体も大きい。
- このため、ガスタービンの危険性に関する蓄圧・蓄熱エネルギーが増大するとともに、回転体が破損等した際に危険な回転体の回転エネルギーも増大する。

(ガス協会提供資料)

原動機メーカー		A社		B社			C社	
パッケージ		D社、E社		B社			F社	
機 種		a型	b型	c 型	d 型	e 型	a 型	b 型
プラント 性能	発電端出力 [kW]	7,290	14,560	6,550	7,290	17,530	31,580	41,400
	燃料ガス量 [m3N/h]	1,954	3,742	1,936	1,971	4,639	7,437	8,810
ガスタービン	ガスタービン重量(t)	4t	10t	6t	6t	16.5t	5.5t	9t
	タービン 入口温度[°C]	1,149	1,177	1,160	1,160	1,250	1,280	1,280
	圧力比	17.6	17.1	15.9	15.9	18.6	23.0	30.0
	回転数 [rpm]	15,158	11,197	13,790	13,790	9,420	3,600	3,600
	排気ガス流量	96,050 kg/h	177,510 kg/h	75,000m³ N/h	76,130m³ N/h	167,700m³ N/h	322,200 kg/h	444,240 kg/h
	実 績[台]	国内29 海外370	国内3 海外450	国内30 海外36	国内2 海外8	国内7 海外7	国内5 海外660	国内16 海外350
取替え	ガスタービン 取替周期	3万時間 or 4年	3万時間 or 4年	2.4万時間(*1)	3.2万時間(*1)	3.0万時間(*1)	5万時間	5万時間
	取替日数 (搬出/搬入)	3日/3日	4日/4日	1日/4日	1日/4日	3日/6日	2日/2日	2日/2日

 : 取替え時の規制のないタイプの例
(出力1万kW未満)

 : 取替え時の規制のあるタイプの例
(出力1万kW以上、5万kW未満)

(*1) 等価運転時間標記: 実運転時間 + 始動回数 × 15時間
大気温度15°Cベース

参考資料7. リスクの識別と取替え時の安全性確認

- ガスタービン取替え時に起因するリスクとして、①回転体損傷、②軸受損傷、③火災が挙げられている。
- 当該リスクに対して、堅牢なケーシングを設計する、負荷試験・負荷遮断試験等の自主的な検査を実施する、運転中に主要な重故障項目を運転中に監視することで対応している。

リスク識別とガスタービン取替え時の安全性確認事項

(ガス協会資料より)

想定リスク	原因	ガスタービン取替えでの影響	ガスタービン取替え時の自主的な安全性確認	運転中に監視する主要な重故障項目	備考
回転体損傷	異物混入	異物混入原因はエンジンより上流にあるので、影響なし。			
	過速度・翼クリープ	ガスタービン付属回転・温度センサーの置換	・負荷試験・負荷遮断試験によりセンサーの健全性を確認。	過速度	
	疲労破損	部品の置換	・履歴管理台帳による確認・管理	排ガス温度高	
	組付不良	部品の組み直し	・負荷試験・負荷遮断試験によりエンジンの構造健全性を確認。	エンジン振動高	
軸受損傷	潤滑油供給不良	取付不良や供給装置不良	・負荷試験により系統の健全性を確認	軸振動高 潤滑油圧力低	
	潤滑油管理不良	運用管理のため影響なし		潤滑油温度高	
火災	外部漏えいした潤滑油に引火	取付不良による潤滑油漏洩	・負荷試験後に有害な潤滑油漏えいが無いことを確認。	エンクロージャー内温度異常高	潤滑油の保有量は少量危険物
	外部漏えいした燃料ガスに引火	ガスタービンの ・取付不良による燃料ガス漏洩 ・取付不良による燃焼ガス漏洩	・負荷試験時にエンクロージャー内のガス濃度が正常なことを確認。	・エンクロージャー内ガス濃度異常高 ・エンクロージャー内温度異常高	
	<u>停止中に排気煙道に漏えい・充満したガスに起動時引火</u>	<u>燃料遮断装置は設備側のため影響なし</u>	<u>・起動インターロック試験により燃料遮断機能を確認する。</u>	<u>・起動渋滞</u> <u>ダブル安全遮断弁</u> <u>圧力(弁越)</u> <u>・起動シーケンス</u>	<u>起動前パージによりガス充満のリスクは回避</u>

(注: 下線部はガスタービン取替えによる影響のない項目 : 取替え時の規制がなくなった場合の措置 : 取替え時の規制の有無に関係なく行う措置)