

# J E S C

## 小型汎用蒸気タービンの自己潤滑方式 軸受潤滑装置

J E S C T 4 0 0 1 ( 1 9 9 8 )

平成10年12月17日 制定

日本電気技術規格委員会

# 目 次

小型汎用蒸気タービンの自己潤滑方式軸受潤滑装置 ( JESC T4001 )	-----	1
解 説	-----	2
1 . 制定経緯	-----	2
2 . 制定根拠	-----	2
別紙 1 小型汎用蒸気タービンにおけるオイルリング 自己潤滑方式適用の技術的根拠	-----	4
別紙 2 小型上記タービン利用のシステム図	-----	6

## 日本電気技術規格委員会規格

### 小型汎用蒸気タービンの自己潤滑方式軸受潤滑装置

J E S C T 4 0 0 1 ( 1 9 9 8 )

#### 1 . 適用範囲

この規格は定格出力 1 , 0 0 0 k W 以下の蒸気タービンの軸受潤滑装置に適用する。

#### 2 . 技術的規定

定格出力 1 , 0 0 0 k W 以下の蒸気タービンにあつては , 軸受の発熱並びに蒸気からの伝熱に対し , 十分な冷却構造を有する自己潤滑方式の軸受潤滑装置とすることができる。

# J E S C T 4 0 0 1

## （小型汎用蒸気タービンの自己潤滑方式軸受潤滑装置） 解説

### 1. 制定経緯

発電用火力設備の技術基準の解釈（以下、「火技解釈」という。）第21条において、蒸気タービン軸受潤滑装置は、主油ポンプ・補助油ポンプ等の設置による強制給油方式が規定されている。

一方、1,000kW程度までの小型汎用蒸気タービンにおいては、軸受荷重が小さく、周速が遅いため、一般的にオイルリングによる自己潤滑方式が採用されており、発電設備においても潤滑油ポンプをすべて省略した特認実績がある。（本規格制定時までの9年間で6件）

オイルリングによる自己潤滑方式の採用は、コスト低減効果に加え、発電設備がコンパクトになり、運転の容易性が向上するため、減圧弁を介して少量の蒸気を利用している需要家等からエネルギーの有効利用対策としてのニーズがある。

現行の火技解釈では、潤滑油ポンプすべてを省略することについてまったく触れていないため、小型汎用蒸気タービンの自己潤滑方式について、施設可能とするための規格を制定することとした。

#### 〔参 照〕

別紙 - 1：小型汎用蒸気タービンにおけるオイルリング自己潤滑方式適用の技術的根拠

別紙 - 2：小型蒸気タービン利用のシステム図

### 2. 制定根拠

自己潤滑方式を採用する場合の基準値は、表に示すように各メーカーによって多少の相違はあるが、軸受損失をオイルリングの給油量でカバーすることが前提であり、一般的には軸受面圧 $P$ ・軸周速 $V$ ・及び $PV$ 値等により判定することで、安定した運転を可能としている。

この判定は公知の文献にも広く紹介されており、過去の運転実績からも十分な信頼性を有している。

表 各製造者の判定基準（オイルリングによる）

製造者	方 式	判 定 基 準	納入台数	最大出力 [kW]	トラブル 実績	備 考
S社	オイルリング 方式のみ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>P &lt; 6 \text{ kg/cm}^2\text{g}</math></li> <li>▪ <math>V &lt; 18\text{m/sec}</math></li> <li>▪ <math>\sqrt{PV^3} &lt; 100</math></li> </ul> いずれも満足すること	3,000台 (25年間)	375 (1,050)	なし	・特認5台 (別紙-1にS社の判定基準の例を示す。)

E社	オイルリング方式のみ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <math>V &lt; 20\text{m/sec}</math></li> <li>▪ <math>\sqrt{pV^3} &lt; 100</math></li> <li>▪ 冷却水温度 <math>&lt; 38</math></li> <li>▪ 入口蒸気温度 <math>&lt; 370</math></li> <li>▪ 排気温度 <math>&lt; 204</math></li> </ul> いずれも満足すること	1,200台 (20年間)	650 (1,200)	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特認3台</li> <li>・(その他トラブル) 20年前にインドネシア納入機で、排気温度高(300以上)で連続運転を行い軸受を焼損した例あり</li> </ul>
N社	オイルリング方式のみ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 単段タービン</li> <li>▪ 回転数 5000rpm 以下</li> <li>▪ <math>V &lt; 20\text{m/sec}</math></li> <li>▪ 入口蒸気温度 <math>&lt; 400</math></li> </ul> いずれも満足すること	1,500台 (40年間)	981 (880)	なし	
S K社	オイルリング方式のみ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 単段タービン</li> <li>▪ 最大出力 <math>&lt; 1000\text{kW}</math></li> <li>▪ 回転数 <math>&lt; 3600\text{rpm}</math></li> <li>▪ 入口蒸気圧力 <math>&lt; 62\text{kg/cm}^2\text{g}</math></li> <li>▪ 入口蒸気温度 <math>&lt; 425</math></li> <li>▪ 排気圧力 <math>&lt; 7\text{kg/cm}^2</math></li> </ul> いずれも満足すること	3,000台 (25年間)	660 (760)	なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特認12台</li> <li>・(その他トラブル) 蒸気温度が450で軸受温度高を経験</li> </ul>

注1：( )内に機械駆動用蒸タービンの最大実績を示す。

注2：納入台数等は、本規格制定時までの数値

#### (1) トラブル実績

オイルリング方式の小型汎用蒸気タービンの主要製造者4社の納入台数は合計で約9,000台(本規格制定時)であるがオイルリングに起因するトラブル実績は全くない。

#### (2) 判定基準

表に示すように、自己潤滑方式採用判定基準は各メーカーにおいて判定項目や数値に多少の相違があるが、基本的な管理基準は同等である。

- a. S社以外は、判定条件に蒸気条件等を規定しているが、流体蒸気の伝熱による軸受温度の過熱保護は、構造設計の基本でありS社の場合も同様に考慮している。
- b. 表3.1.1内のタービンは全て単段タービンであり、ほぼ対称形状となるが非対称型タービンにおける判定基準も同一である。
- c. 最大出力は、N社の981kWであり、全て1,000kW以下小型タービンである。

以上

小型汎用蒸気タービンにおけるオイルリング自己潤滑方式適用の技術的根拠  
( S 社の例 )

1 . オイルリング方式の適用と基準値

(1) 適用範囲

出力 1,000kW 未満の小型汎用蒸気タービン  
( 軸受加重が小さく , 軸周速が遅い )

(2) 用途

- ・ 石油精製 , 石油化学プラントのプロセスポンプ駆動用
- ・ コンプレッサー駆動用
- ・ ボイラ補機用 ( I D F , F D F , ボイラ給水ポンプ )

(3) 採用実績

- ・ 世界各国の小型タービンメーカーが採用
- ・ 国内実績

S 社の例 3,000 台 ( 本規格制定時までの過去 25 年間 )

(4) オイルリング潤滑採用の基準値 ( S 社の場合 )

$$P < 6 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$$

P : 軸受面圧

$$V < 18 \text{ m/sec}$$

V : 軸受周速

$$\sqrt{PV^3} < 100$$

をいずれも満足すること。

2 . 技術的根拠

(1)  $\sqrt{PV^3}$  の基準値の妥当性

オイルリングの採用においては , 面圧 P , 周速 V に許容値を設定した他 ,

$\sqrt{PV^3}$  値にて制限している。

- $\sqrt{PV^3}$  値は軸受の損失に対応し , 制限値 100 は軸受損失約 1 kW を意味する。
- オイルリングによる給油量は低速回転 ( < 約 6 m / s e c ) においては , 軸の回転速度が増加すると共に , 増加するが , それ以上になると , リングの回転速度は飽和し , 給油量も飽和し , 増加しなくなる。従って , この飽和回転速度でのオイルリングによる給油量が  $\sqrt{PV^3}$  値を決定することとなる。
- また , 軸受からの熱量は軸受囲のジャケットに冷却水を通水することにより , 取り除かれ油溜の温度は適度に保つことができる。

$\sqrt{PV^3}$  が軸受の損失馬力に対応することは、旧海軍の計算式(\*1)、旧ソ連 チェルナフスキー(\*2)、文献(\*3)にて明らかにされている。

(\*1)旧海軍軸受損失計算式

$$L = (1.8 \sim 3.7) \times 10^{-7} \times l \times d^2 \times (N/1000)^{1.7} \quad (\text{kW})$$

ここに L : 損失馬力 (kW)

l : 軸受長さ (mm)

d : 軸受の直径 (mm)

N : 回転数 (rpm)

1.8 は  $P = 2.5 \text{kg/cm}^2\text{g}$  の場合

3.7 は  $P = 10 \text{kg/cm}^2\text{g}$  の場合

( P : 軸受面圧 )

上記 1.8~3.7 の係数は面圧 P によって決まり、 $P^{0.6}$  に近似する。

また、 $d \times N$  は周速であり、損失馬力 L は、近似的に  $P^{0.6} \times V^{1.8}$  すなわち

$\sqrt{PV^3}$  にて表すことができる。

よって、損失馬力 L は近似的に  $\sqrt{PV^3}$  にてあらわすことができる。

例)  $l=90\text{mm}$  ,  $d=80\text{mm}$  のとき

$$L = ( \sqrt{PV^3} )^{1.2} / 115 \cdot N^{0.1} \text{ となり、} N \text{ の影響は最大 } 0.06 \text{ kW 程度}$$

であり無視することができる。

(\*2) 「送風機・圧縮機用軸受」 小野寺満憲著、日刊工業新聞社、機械設計、第 1 3 巻第 10 号

(\*3) 「軸受・潤滑法」 遠山広光・松本美韶 共著、誠文堂

(2) 海外規格の規定について

米国 A P I 6 1 1 ( 3 r d edition ) において、外気温度 4 3 にて軸受温度は 8 2 を超えてはならないと規定している。

A P I 6 1 1 : GENERAL PURPOSE STEAM TURBINES FOR REFINERY SERVICE.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.

### 3. その他

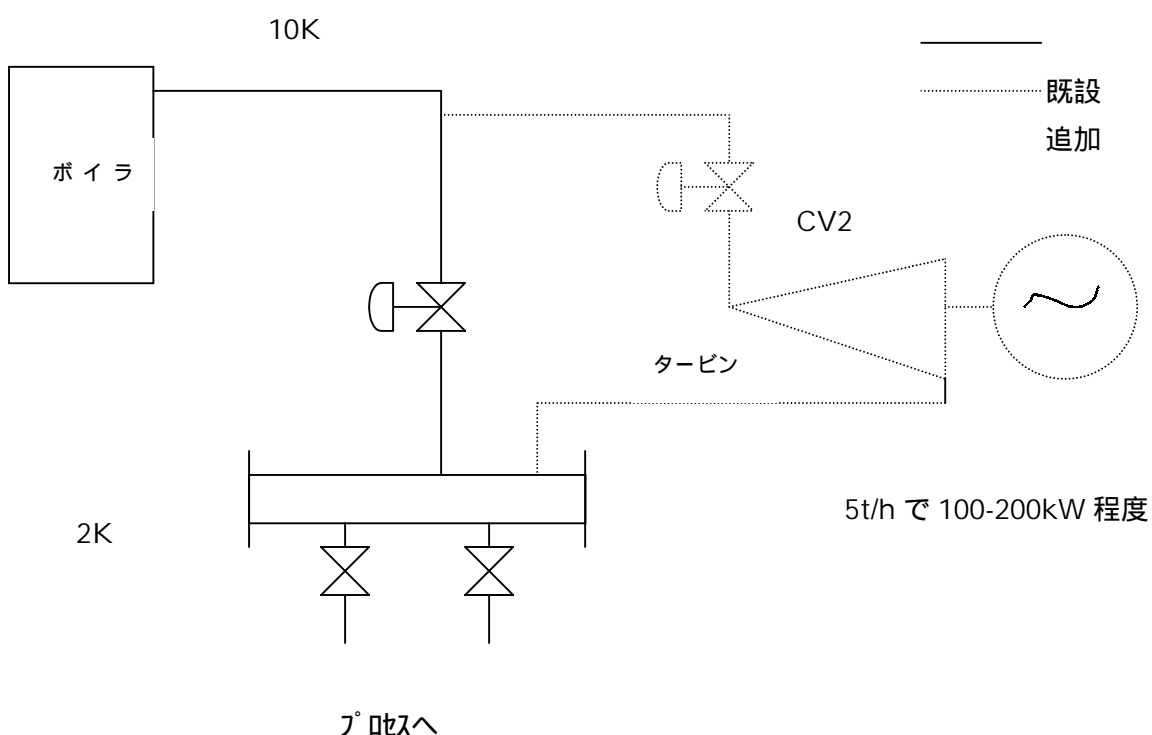
- オイルリグ潤滑方式を行う場合、減圧弁を介し、少量の蒸気を利用している需要家に自家発電を可能とすることになる。
- 例えば、5 t/h 程度の蒸気でも 1 0 0 ~ 2 0 0 kW 程度に相当する発電を可能にすることになり 省エネルギーを一層推進させることができる。
- コスト効果に加え、コンパクト化が図れる。

別紙-2 参照

## 小型蒸気タービン利用のシステム図

### 例1 減圧弁としての発電装置

減圧弁にて減圧して蒸気を利用していたシステムにおいて減圧弁の代わりに蒸気をタービンへ流し発電する。

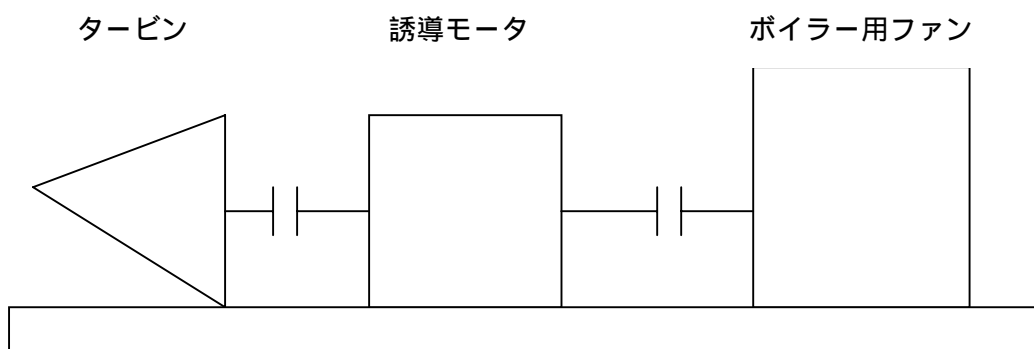


### 例2 モータバックアップ(小型ゴミ焼却場の例)

補機駆動用蒸気タービンを発電用として有効利用できる

低質ゴミの時；モータバックアップ  
(所内電力低減)

高質ゴミの時；発電[~100kW]  
(モータが発電機になる)





## 日本電気技術規格委員会規格について

電気事業法に基づく技術基準は、公共の安全確保、電気の安定供給の観点から、電気工作物の設計、工事及び維持に関して遵守すべき基準として、電気工作物の保安を支えています。そして近年では、急速な技術進歩に即応した技術基準の改正や民間規格の積極的な活用により、電気工作物の保安確保はもちろん、それに係る業務及び設備の一層の効率化が求められるようになってきました。また、国境を越えた経済の発展により各国の規格についても国際的な統合が求められることとなってきました。

こうした状況を踏まえ、電気事業法に基づく通商産業省令である、発電用水力設備、発電用火力設備、発電用風力設備及び電気設備の技術基準が、平成9年3月に改正公布され同年6月から施行されました。

この改正により、それまで遵守すべき技術的要件を詳細に規定していた技術基準が、保安上達成すべき目標、性能のみを規定する基準となり、具体的な資機材、施工方法等の規定は、同年5月に資源エネルギー庁が制定した「技術基準の解釈」(発電用水力設備、発電用火力設備及び電気設備の技術基準の解釈)に委ねられることとなりました。そして、「技術基準の解釈」は、電気事業法に基づく保安確保上の行政処分を行う場合の判断基準の具体的内容を示す「審査基準」として、技術基準に定められた技術的要件を満たすべき技術的内容の一例を具体的に示すものと位置付けられています。

これにより、公正、中立かつ透明性を有した民間の委員会で制定された規格であれば、この「技術基準の解釈」への引用が可能(原子力を除く。)となり、技術基準に民間の技術的知識、経験等を迅速に反映する道が開かれることとなりました。

このようなことから、公正な民間の規格を制定する委員会として、「日本電気技術規格委員会」が平成9年6月に設立されました。この委員会は、民間が自主的に運営する委員会として、学識経験者、消費者団体、関連団体等及び幹事で構成され、下部の委員会として、関連団体で構成される事務局会議及び財務委員会、また、技術的事項を審議するための各専門部会が設けられています。

この日本電気技術規格委員会の主な目的は、

- ・電気事業法の各種技術基準における「技術基準の解釈」に引用を希望する民間規格の制定
- ・電気事業法の目的達成のため、民間自らが作成、使用する民間規格の制定、承認
- ・制定、承認した民間規格に統一番号を付与し、一般へ公開
- ・行政庁に対し、承認した民間規格の「技術基準の解釈」への引用要請
- ・技術基準のあり方について、民間の要望を行政庁へ提案
- ・規格に関する国際協力

などの業務を通じて、電気工作物の保安、公衆の安全及び電気関連事業の一層の効率化に資することとなっています。

本規格は、「発電用火力設備の技術基準の解釈」に引用されることにより、同解釈と一体となって必要な技術的要件を明示した規格となっております。この規格の意義を十分にご理解いただき、電気工作物の保安確保等に活用されることを希望いたします。

# 規格制定に参加した委員の氏名

( 順 不 同 、 敬 称 略 )

## 日本電気技術規格委員会 (平成10年12月17日現在)

委 員 長	関 根 泰 次	東京理科大学			
委員長代理	正 田 英 介	東京理科大学	委 員	白 石 典 久	(社)日本鉄鋼連盟
委 員	秋 山 守	(財)エネルギー総合工学研究所	"	志 賀 正 明	中部電力(株)
"	朝 田 泰 英	東京大学	"	高 岸 宗 吾	(社)日本電設工業協会
"	高 橋 一 弘	(財)電力中央研究所	"	武 田 俊 人	(社)水門鉄管協会
"	野 本 敏 治	東京大学	"	種 市 健	東京電力(株)
"	堀 川 浩 甫	大阪大学	"	永 井 信 夫	(社)日本電機工業会
"	渡 辺 啓 行	埼玉大学	"	中 西 恒 雄	(社)火力原子力発電技術協会
"	横 倉 尚	武蔵大学	"	小 田 英 輔	(社)日本電線工業会
"	加 藤 真 代	主婦連合会	"	坂 東 茂	(財)発電設備技術検査協会
"	飛 田 恵理子	東京都地域婦人団体連盟	"	藤 重 邦 夫	(社)電力土木技術協会
"	荒 井 聰 明	(社)電気設備学会	"	富 士 原 智	(財)原子力発電技術機構
"	内 田 健	電気事業連合会	"	前 田 肇	関西電力(株)
"	蝦 田 佑 一	電気保安協会全国連絡会議	幹 事	吉 田 藤 夫	(社)日本電気協会

火力専門部会 (平成10年11月9日現在)

部会長	小島民生	東京電力(株)			
委員	菅伸之	北海道電力(株)	委員	安藤弘昭	(財)発電設備技術検査協会
"	齋藤哲郎	東北電力(株)	"	関雅春	旭化成工業(株)
"	猪野博行	東京電力(株)	"	曹道義	石川島播磨重工業(株)
"	山本豊	中部電力(株)	"	魚山和春	王子製紙(株)
"	田中彰二	北陸電力(株)	"	村田稔	新日本製鐵(株)
"	藤井真澄	関西電力(株)	"	俵穰	住友金属工業(株)
"	久川壽彦	中国電力(株)	"	相沢協	(株)東芝
"	増田護	四国電力(株)	"	松原雄一	日本石油精製(株)
"	旗崎裕章	九州電力(株)	"	荒川忠男	バブコック日立(株)
"	宮下克彦	電源開発(株)	"	深井信義	(株)日立製作所
"	宮城一	沖縄電力(株)	"	小林道男	富士電機(株)
"	渡会偵祐	(社)火力原子力 発電技術協会	"	若園修	三菱重工業(株)
"	佐藤幹夫	(財)電力中央研 究所			
"	保科幸雄	(社)日本内燃力 発電設備協会			

技術基準検討分科会 (平成10年11月9日現在)

分科会長	藤井真澄	関西電力(株)			
委員	飯島龍介	北海道電力(株)	委員	安藤弘昭	(財)発電設備技術検査協会
"	菊地泰彦	東北電力(株)	"	馬木秀雄	石川島播磨重工業(株)
"	小西英明	東京電力(株)	"	山本正晴	川崎重工業(株)
"	坂口光	中部電力(株)	"	三村裕幸	新日本製鐵(株)
"	黒川誠一	北陸電力(株)	"	福永規	住友金属工業(株)
"	和田野善明	関西電力(株)	"	笠野公一郎	住友精密工業(株)
"	近藤博	中国電力(株)			

委員 山地伸行 四国電力(株)  
 " 古澤邦夫 九州電力(株)  
 " 松本正 電源開発(株)  
 " 平政邦 沖縄電力(株)  
 " 佐藤穎生 (社)火力原子力  
 発電技術協会  
 " 渋谷秀樹 (財)新エネルギー  
 財団  
 " 保科幸雄 (社)日本内燃力  
 発電設備協会

委員 三道信介 千代田化工建設(株)  
 " 雨宮亮彦 (株)東芝  
 " 濱中卓 日揮(株)  
 " 尾山元昭 NKK(株)  
 " 宮下正文 (株)日本製鋼所  
 " 脇野哲郎 バブコック日立(株)  
 " 小田征一 (株)日立製作所  
 " 外崎健治 富士電機(株)  
 " 佐藤進 三菱重工業(株)

火力技術基準WG (平成10年11月9日現在)

代表幹事 和田野善明 関西電力(株)  
 幹事 小西英明 東京電力(株)  
 委員 坂口光 中部電力(株)  
 " 横山知充 三菱重工業(株)  
 " 雨宮亮彦 (株)東芝  
 " 土谷敬一 (株)日立製作所  
 " 楠昇 千代田化工建設(株)  
 " 西岡信之 三菱重工業(株)  
 " 宮地正寛 ダイハツディーゼル(株)  
 " 荒木基暁 (社)日本内燃力  
 発電設備協会  
 " 安藤弘昭 (財)発電設備技術  
 検査協会  
 " 福永規 住友金属工業(株)  
 " 梶谷一郎 石川島播磨重  
 工業(株)

委員 幡多輝彦 NKK(株)  
 " 吉田裕宣 三菱重工業(株)  
 " 今村龍三 石川島播磨重  
 工業(株)  
 " 渡辺聡 岩谷産業(株)  
 " 石橋喜孝 東京電力(株)  
 " 阿部高之 石川島播磨重  
 工業(株)  
 " 宮内浩行 ゼネラル石油(株)  
 " 古郡利明 千代田化工建  
 設(株)  
 " 倉持純 日石エンジニア  
 リング(株)  
 " 出羽洋一 日揮(株)  
 " 荒川典彦 (社)軽金属協会  
 " 三村裕幸 新日本製鐵(株)

委員 児玉芳久 バブコック日立(株)  
" 杉谷敏夫 三菱重工業(株)  
" 松田昌平 (株)東芝  
" 田熊良行 三菱電機(株)  
" 岩田克雄 住友精密工業(株)  
" 烏野信美 石川島播磨重工業(株)  
" 大賀俊輔 富士電機(株)  
" 渡辺 紘 日揮(株)

委員 西本照夫 NKK(株)  
" 太田一広 三菱重工業(株)  
補 佐寺田則仁 関西電力(株)  
参 加 佐藤美智夫 東京電力(株)  
" 海老沢勝寛 東京電力(株)  
" 岩崎孝一 中部電力(株)  
" 八木靖幸 関西電力(株)  
" 藤澤元文 関西電力(株)

事務局 ( (社)日本電気協会 技術部 )

事務局 浅井 功 ( 総 括 )  
" 上野 忠男 ( 火力専門部会担当 )