

可搬型ガスタービン発電機からの高温排熱の拡散性状に関する研究

T O 8 K 6 5 1 D 青木翔吾
指導教員 赤林伸一教授

1 研究目的

電力は人類の生活にとって欠かせないエネルギーであるが、大規模な自然災害などの影響により発電所の発電設備等が破損し、電力供給量の不足が懸念される。そこで、大型の可搬型ガスタービン発電機（可搬型 GT）^{*1}により一時的に電力の供給を行うことが考えられる。従来の発電所では高さ約 200 m の煙突から 100℃程度の排気を行うが、可搬型 GT では高さ約 10 m の排気塔から 500℃以上の排気が行われ、周辺環境への影響が懸念される。高温排熱の拡散性状を把握し、設置条件の検討を行う必要がある。

本研究では可搬型 GT を対象に、数値流体解析 (CFD) を用いて外気温や風向・風速による排熱の拡散性状の把握を行う。更に、実在の発電所に設置された可搬型 GT 周辺の温熱環境実測を行い、数値流体解析結果の妥当性の検討を行うことを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析概要：表 1 に各モデルの解析条件を、図 1 に排気塔単体モデルを、図 2 に実在発電所内モデル^{*2}を示す。解析対象は排気塔（高さ 9.4 m）のみをモデル化した排気塔単体モデルと発電所内に可搬型 GT を 2 台設置した実在発電所内モデルとする。高温排熱の拡散性状の解析は標準 $k-\epsilon$ モデルを用いた数値流体解析 (CFD2000) により行う。最初に、排気塔単体モデルにおいて外気温を変化させた解析を行う。その結果を基に実在発電所内モデルを対象に風向・風速を変化させて解析を行い、地上付近の温度変化や高温排熱の周辺への到達範囲等の検討を行う。

2.2 実測概要：図 2 (a) に示す測定点 A、測定点 B に熱電対を設置した測定用ポールを配置し、データロガーを用いて可搬型 GT 稼働時における温熱環境の実測を

表 1 解析条件

	排気塔単体モデル		実在発電所内モデル								
解析 case	1-1	1-2	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9
外気温 [°C]	-1.0	40.0	40.0								
排気風速 [m/s]	41.3	36.4	36.4								
排気流量 [m ³ /s]	181.7	160.2	160.2								
排気温度 [°C]	462.7	530.0	530.0								
外部風速 [m/s]	流入 1/4 集則 (基準高さ 9.4 m) 自由流出										
風向	30.0		6.0			9.0					
メッシュ数	76(x) × 26(y) × 76(z) = 150, 176		164(x) × 54(y) × 143(z) = 1, 266, 408								
乱流モデル	標準 $k-\epsilon$ モデル										

行う。測定点 A では地上 1.1 m 及び 9.4 m ~ 14.4 m における 17 点^{*3}、測定点 B では 7.0 m ~ 16.0 m における 10 点^{*4}の空気温度の測定を行う。更に、対象敷地の風向・風速、可搬型 GT からの排気温度の測定を行う。これらの実測結果を基に解析条件を設定し、実在発電所内モデルにおいて解析を行い、実測結果と解析結果を比較する。

3 解析結果

3.1 排気塔単体モデル：図 3 に排気塔単体モデルを対象とした温度分布のシミュレーション結果を示す。外気温の相違によって高温排熱の拡散性状には殆んど変化が見られず、外気温に対する温度上昇量により排熱の拡散性状を検討することが可能である。

3.2 実在発電所内モデル：図 4 に実在発電所内モデルを対象とした温度分布のシミュレーション結果を示す。高温排熱による地上付近の温度は風向・風速により変化し、外気温 + 0 ~ 5℃程度となる。外気温 + 50℃の到達範囲を比較すると、風向が北東、風速 6.0 m/s の場合は上空約 33 m で風下側に約 56 m、風向が北東、風速 9.0 m/s の場合は上空約 24 m で風下側に約 53 m、風向が北西、風速 9.0 m/s の場合は上空約 25 m で風下側に約 42 m となる。可搬型 GT 2 台からの高温排熱が重複する北東、南西の風向では高温排熱の到達範囲が広がる。高温排熱の地上付近への影響は極めて少ないが上空には大きな影響を与えるため、可搬型 GT を設置する場合は周辺の高層建築物に対する配慮が必要である。

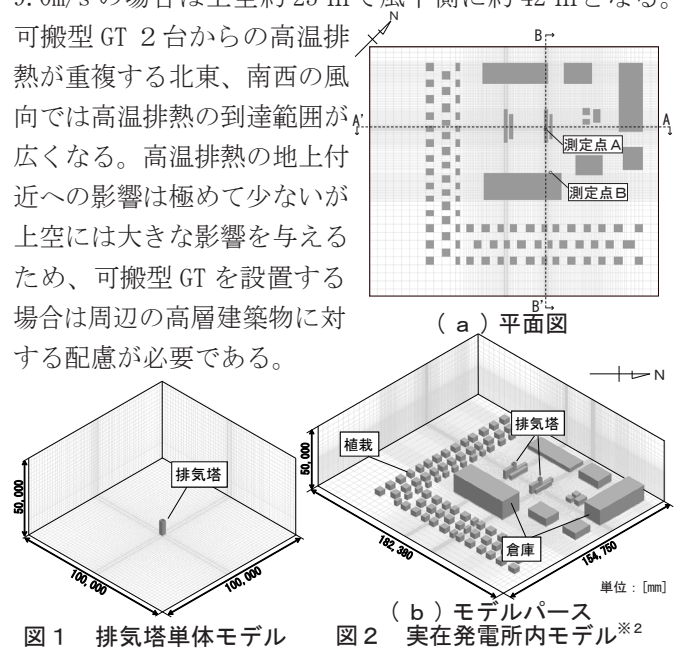


図 1 排気塔単体モデル

図 2 (b) モデルパース 実在発電所内モデル^{*2}

4 実測結果

4.1 実測結果：測定期間は可搬型GT^{*5}が稼動した2011年12月22日の16:22～19:44とする。測定期間のうち比較的風向・風速の変動が少ない19:08～19:18を解析対象とし、この間の外気温、外部風向・風速の平均値を解析条件とする。更に、可搬型GTの稼動データから、排気温度・排気風速を設定する。表2に実測値に基づく解析条件を示す。

4.2 実測条件による解析結果：図5に実在発電所内モデルを対象とした温度分布のシミュレーション結果（実測条件）を示す。実測では、可搬型GTが定格出力以下で稼動しており排気温度は低く、排気風速も遅く、外部風速が18.9m/sと速いため、周辺への高温排熱の影響は少ない。

4.3 実測結果と解析結果の比較：図6に実測結果及び解析結果の温度分布を示す。実測結果と解析結果はほぼ相似形の温度分布になるが、解析結果の方が実測結果に比べて温度上昇量が平均約23℃低い。これは、実測は外部風向・風速が時間的に変動するが、解析は境界条件が一定のため差が生じたと考えられる。解析結果は概ね妥当で可搬型GTの設置の検討に数値流体解析は有効である。

温度上昇量 Δt [°C]
 A : 5.0 B : 10.0 C : 15.0 D : 20.0 E : 25.0 F : 30.0 G : 35.0 H : 40.0 I : 45.0 J : 50.0
 K : 55.0 L : 60.0 M : 65.0 N : 70.0 O : 75.0 P : 80.0 Q : 85.0 R : 90.0 S : 95.0 T : 100.0

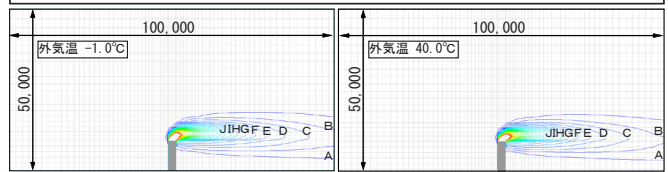
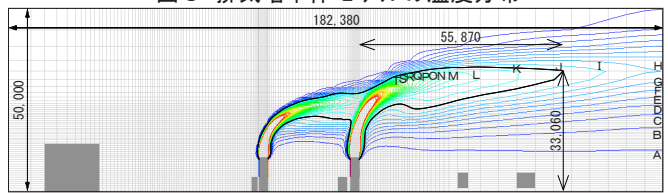
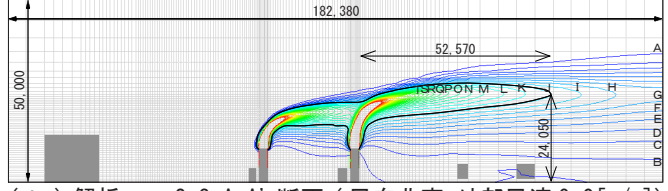


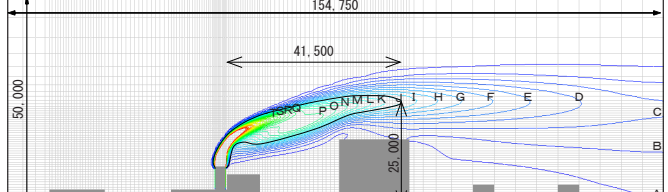
図3 排気塔単体モデルの温度分布



(a) 解析 case2-1 A-A' 断面 (風向北東、外部風速 6.0[m/s])



(b) 解析 case2-3 A-A' 断面 (風向北東、外部風速 9.0[m/s])



(c) 解析 case2-9 B-B' 断面 (風向北西、外部風速 9.0[m/s])

図4 実在発電所内モデルの温度分布 単位：[mm]

5 まとめ

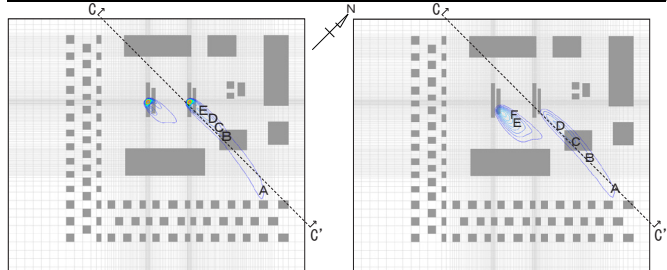
- ①外気温の相違によって高温排熱の拡散性状には殆んど変化が見られない。
- ②可搬型GT 2台からの高温排熱が重複する風向では高温排熱の到達範囲が広がる。
- ③実測結果と解析結果はほぼ相似形の温度分布になるが、解析結果の方が実測結果に比べて温度上昇量が平均約23℃低い。
- ④解析結果は概ね妥当で可搬型GTの設置の検討に数値流体解析は有効である。
- ⑤可搬型GTからの高温排熱の地上付近への影響は極めて少ない。上空では影響が大きいため、周辺の高層建築物に対する配慮が必要である。

*1 発電機の定格出力は2.5万kW。
 *2 解析対象とする実在発電所は新潟県S町の火力発電所。
 *3 測定点Aにおける測定点高さは、1.1、9.4、9.9、10.4、10.9、11.4、11.9、12.15、12.4、12.65、12.9、13.15、13.4、13.65、13.9、14.15、14.4m。
 *4 測定点Bにおける測定点高さは、7.0、8.0、9.0、10.0、11.0、12.0、13.0、14.0、15.0、16.0m。
 *5 測定時の発電機の出力は約5,000kW。(定格出力の約20%)

【参考文献】
 1) 社団法人日本建築学会「市街地風環境予測のための数値流体解析ガイドブック-ガイドラインと検証用データベース-」2007年

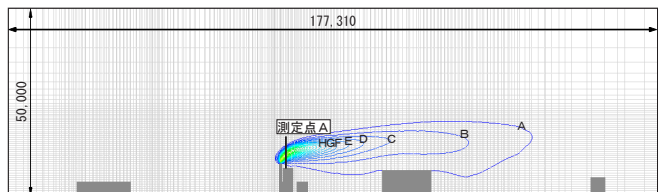
表2 実測値に基づく解析条件

実在発電所内モデル(実測条件)	
外気温[°C]	8.0
排気風速[m/s]	32.6
排気流量[m³/s]	143.4
排気温度[°C]	200.0
外部風速[m/s]	流入1/4乗則(基準高さ9.4m)自由流出 18.9
風向	1風向(西)
メッシュ数	164(x)×54(y)×143(z)=1,266,408
乱流モデル	標準k-εモデル



(a) 高さ10[m]平面

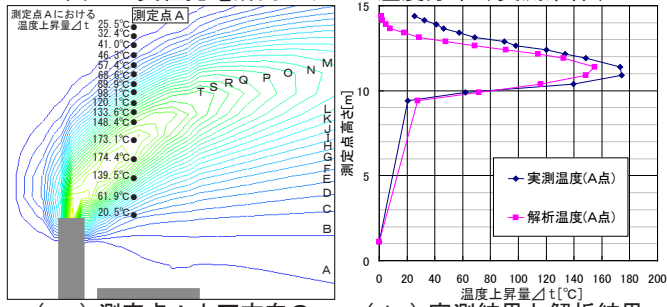
(b) 高さ16[m]平面



(c) C-C' 断面

単位：[mm]

図5 実在発電所内モデルの温度分布(実測条件)



(a) 測定点A上下方向の
実測結果と解析結果の温度分布

(b) 実測結果と解析結果
の比較

図6 実測結果及び解析結果の温度分布