



地熱発電所の環境アセスメントの 効率化に向けて

—風洞実験に代わる硫化水素拡散予測数値モデルを開発—



地熱発電所の冷却塔から立ち上る白煙の様子(「八丁原地熱発電所」出典:資源エネルギー庁)

地熱発電所を建設する際に行われる環境アセスメントでは、発電所の稼働に伴って冷却塔から大気中に放出される硫化水素について、発電所計画地点周辺における着地濃度を事前に予測・評価する必要があります。これまでの環境アセスメントでは、硫化水素の大気拡散予測に風洞実験が広く用いられてきましたが、実験設備の確保や模型製作期間等の制約から予測・評価に長期間を要します。東日本大震災以降、再生可能エネルギーの導入拡大に注目が集まる中、地熱発電所の環境アセスメントの簡素化・迅速化に向けた取り組みが進められています。当研究所では、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)との共同研究により、地熱発電所を対象とした硫化水素拡散予測数値モデルを開発し、風洞実験とほぼ同等の精度で予測できることを確認しました。この数値モデルを用いることにより、硫化水素の着地濃度の予測・評価に必要な期間と費用をいずれも1/2以下に短縮・低減することが可能となりました。

硫化水素の拡散予測のための数値モデルの開発

パソコンで計算可能な簡易予測モデル

当研究所では、平成25～27年度の3カ年にわたりNEDOと共同研究を実施し、簡易予測モデルと詳細予測モデルの2種類の硫化水素拡散予測数値モデルを開発しました(表-2)。

簡易予測モデルは、正規分布型ブルーム式に基づき硫化水素の着地濃度を予測するモデルで、排気の拡散に及ぼす建屋影響や上昇過程の計算には、当研究所が開発した機械通風式冷却塔からの白煙予測のための数値モデル¹⁾と同等の予測手法を採用しました。硫化水素の挙動は白煙の挙動に類似することがその理由です。本モデルは、Windows PC上で動作し、大気拡散式と地理情報システム(GIS)を結合することにより、排出諸元の設定や標高データの入力、風向・風速などの各種計算条件の設定などをグラフィカルユーザーインターフェース(GUI)により簡便に行うことができます(図-4)。

表-2 本研究で開発した2種類の数値モデルの概要

	簡易予測モデル	詳細予測モデル
特徴	✓ 正規型ブルーム式 ✓ 地理情報システム(GIS)と連動	✓ 3次元数値流体力学モデル ✓ ラージ・エディ・シミュレーション(LES)を採用
硫化水素	○	○
白煙予測	○	×
排煙上昇	電中研式 (道岡ら、2009) ¹⁾	3次元 気流・拡散計算
建屋影響		
地形影響	米国EPA(ISCST3モデル)	

文献1) 道岡、佐藤、下田、佐田、市川、大蔵、2009:機械通風式冷却塔からの白煙予測手法(その3)—白煙予測モデルの開発—、大気環境学会誌、44、227-235。

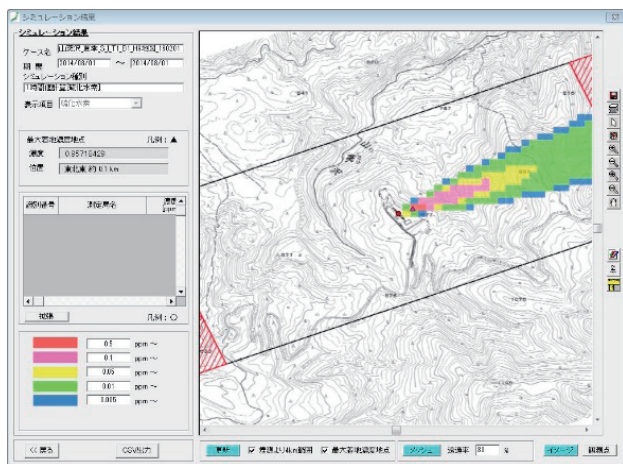


図-4 簡易予測モデルの操作画面

地理情報システムと連動して動作することにより簡便な操作でシミュレーションが可能です。

高精度な予測が可能な詳細予測モデル

詳細予測モデルは、数値流体力学(Computational Fluid Dynamics, CFD)を用いて3次元の流体計算を行うことにより硫化水素の着地濃度を予測するモデルで、ベースモデルにはラージ・エディ・シミュレーション(LES)と呼ばれる乱流解析手法を用いています。本モデルは、発電所周辺の地形および発電所構内の地形・建屋に関する情報(図面や3次元数値データ等)から3次元空間上の計算格子に変換するためのプリルーチン、およびCFDによる気流・拡散計算を行うためのメインルーチンから構成されています(図-5)。

わが国の地熱発電所は、地形の複雑な山間部に建設される場合が多く、また冷却塔の高さが低く、周囲には同程度の大きさの発電所建屋が存在するケースが一般的であることから、これらの形状を計算格子上に詳細に再現できるモジュールを開発し、搭載しています(図-6)。

硫化水素拡散予測計算の手順

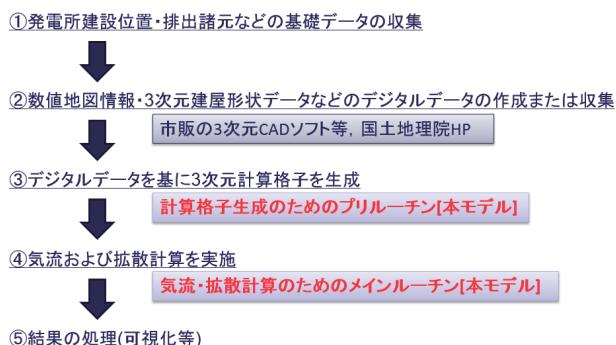


図-5 詳細予測モデルによる予測の手順

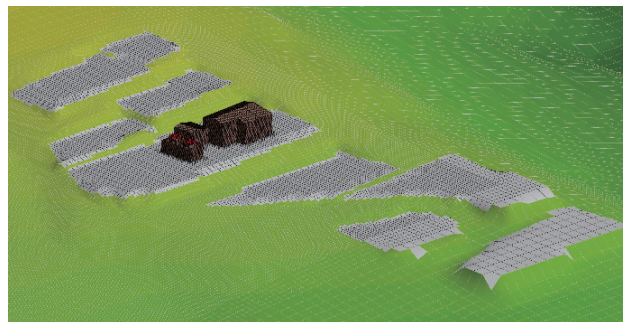


図-6 詳細予測モデルのための計算格子の作成

3次元の数値データを取り込み、発電所建屋や地形勾配を精緻に再現することができます。

風洞実験による予測精度の検証

実際の発電所を対象とした予測精度検証

開発した数値モデルの予測精度を検証するため、発電所周辺の地形的特徴が異なる2地点を選定し、発電所構内の主要な建屋および周辺の地形を模擬した風洞実験を実施しました。風洞実験では、複数の風向・風速・気温条件に対し、冷却塔模型から放出したトレーサ・ガスの着地濃度や空間濃度を計測しました。

簡易予測モデルを用いて再現計算を行った結果、排気諸元や建屋・地形、浮力条件を適切に設定することにより、風洞実験で得られた最大着地濃度を概ね良好に再現できることが分かりました。一方、詳細予測モデルでは、周辺地形や発電所建屋を精緻に再現することにより、硫化水素の着地濃度だけでなく、上空における空間濃度も高精度で予測できることが明らかとなりました(図-7)。

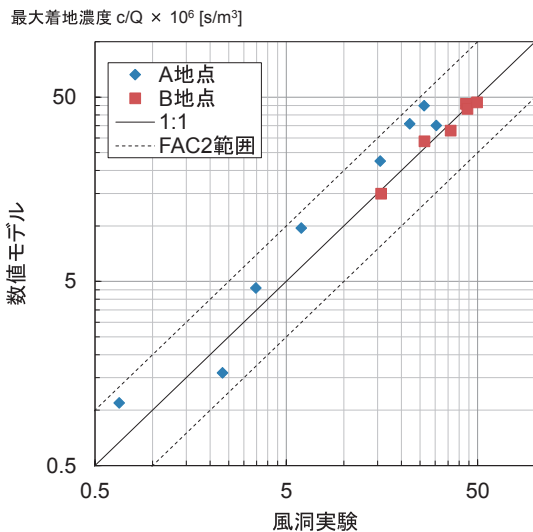


図-7 風洞実験と詳細予測モデルによる最大着地濃度の比較
詳細予測モデルによる予測値は全て実験値の0.5~2倍(FAC2)の範囲内に収まっており、高精度の予測が可能です。

環境アセスメントでの活用に向けて

簡易予測モデルでは、パソコンを用いた簡単な操作により冷却塔からの硫化水素の着地濃度を予測できるので、環境アセスメントの事前検討や配慮書の作成などに活用できます。一方、詳細予測モデルでは、風洞実験と同じように発電所周辺の地形や構内建屋を精緻に再現することにより、硫化水素の着地濃度を高精度で予測できるので、風洞実験の代替として活用することが可能です(図-8)。詳細予測モデルを用いることにより、着地濃度の予測・評価に要する期間と費用を風洞実験の場合の1/2以下に短縮・削減することが可能となりました。

今後は、開発した数値モデルを事業者が個別に検証することなく環境アセスメントで利用できるように、「改訂・発電所に係る環境影響評価の手引」(経済産業省)への採用に向けた取り組みを進めていきます。

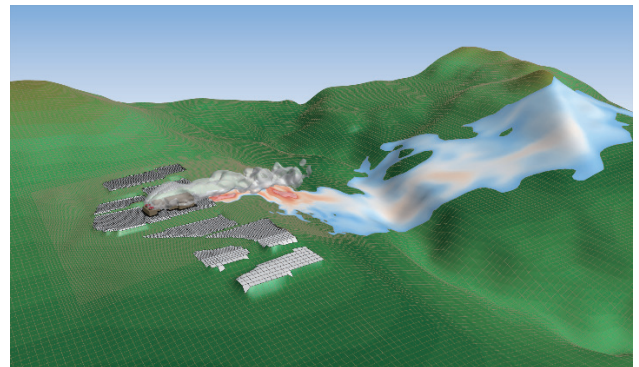


図-8 詳細モデルによる着地濃度の可視化イメージ

ひとこと

東日本大震災以降、ベース電源として用いることが期待できる純国産のエネルギー源として、地熱エネルギーに対する注目が再び集まっています。地熱発電所は開発までのリードタイムが長く、事業リスクが高いことが指摘されていますが、導入促進に向けた様々な取り組みが国によって進められています。本研究で開発した数値シミュレーション技術が活用されることにより、環境アセスメントの円滑な実施を通じて、地熱エネルギーの普及拡大に少しでも貢献できれば嬉しく思います。

環境科学研究所 上席研究員 佐藤 歩



関連する論文等

- ・瀧本,小野,佐藤,道岡,佐田,2015:単純地形上の冷却塔排気拡散に関する風洞実験—排気上昇と模型表面粗度の影響—,大気環境学会誌,50, 226-231.
- ・小野,瀧本,道岡,佐藤,佐田,2016:単純地形上の冷却塔排気拡散に関するLarge Eddy Simulation—格子形状が流れおよび拡散の計算精度に及ぼす影響—,大気環境学会誌,51,161-173.
- ・小野,瀧本,道岡,佐藤,佐田,2017:地熱発電所から排出される硫化水素の大気拡散予測のための数値モデル開発,大気環境学会誌,掲載予定