

# 地熱発電所の冷却塔から排出される硫化水素の予測手法の 基本的な考え方に関するガイドライン

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）の委託業務「地熱発電技術研究開発/発電所の環境保全対策技術開発/冷却塔排気に係る環境影響の調査・予測・評価の手法に関する研究開発」事業の結果として得られたものです。

2021年12月



国立研究開発法人

新エネルギー・産業技術総合開発機構



一般財団法人

電力中央研究所



## まえがき

2050年のカーボンニュートラル社会の実現に向け温室効果ガスの8割以上を占めるエネルギー分野の取組が特に重要であり、再生可能エネルギーのさらなる導入拡大が望まれています。

日本は世界第3位の地熱資源ポテンシャルを有しており、再生可能エネルギーの一つとして地熱発電へ大きな期待がかかっています。地熱発電は時間や天候に左右されず安定したエネルギー出力が得られるため、ベースロード電源を担うエネルギー源と位置づけられており、「2030年度におけるエネルギー需給の見通し」（令和3年、経済産業省）において2030年度の野心的水準として約150万kWの設備容量の導入が掲げられています。

一方で、地熱に関する環境アセスメントの手続きは通常3～4年程度かかり、導入拡大に向けて環境アセスメントの円滑化が課題になっています。現在、地熱発電の環境アセスメントの実績は少なく、その知見の蓄積がないため（特に地熱発電特有の項目など）、信頼性のある予測・評価の手法の確立が喫緊の課題となっています。また、国内の地熱資源の約8割は国立・国定公園内に存在しており、国立・国定公園内での地熱開発を今後推進していくためには、自然環境との調和を図ることが重要となります。

このような背景の中で、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）では、地熱発電所の環境保全対策技術開発の一環として、地熱発電に係る環境アセスメントの科学的知見に基づく最適化を図るため、2019年5月から2021年5月にかけて「冷却塔排気に係る環境影響の調査・予測・評価の手法に関する研究開発」を実施しました。冷却塔から排出される硫化水素および蒸気に関する事項については、地熱発電事業に特有の影響要因であり、調査、予測・評価の手法が確立されていない項目や最適化を図る余地がある項目を対象として、より適切な調査、予測・評価の手法を確立するための知見を得ることを目的としたものです。

本ガイドラインは、その研究開発の成果の一つとして作成したものであり、冷却塔から蒸気とともに大気中に排出される硫化水素による環境影響に対する予測・評価を進めていく際の基本的な考え方を紹介しております。より多くの地熱発電事業に係わる方々に、本ガイドラインを活用していただくことで、事業特性に応じた効果的な環境配慮の取り組みを進めていただきたいと考えております。なお、冷却塔から排出される硫化水素による環境影響のより効率的かつ合理的な予測・評価については、未だ研究開発途上にあり、引き続き知見の充実が図られ、よりの確な環境配慮に向けた取り組みが進むことを期待します。

最後に、本ガイドラインの作成にあたっては、有識者から構成される「冷却塔排気に係る環境影響評価手法研究開発 技術検討委員会」を設置して指導・助言を頂きました。委員の皆様、そして、オブザーバーとして参加していただいた経済産業省商務情報政策局産業保安グループ電力安全課および環境省大臣官房環境影響評価課には深く御礼を申し上げます。

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）

新エネルギー部

## 冷却塔排気に係る環境影響評価手法研究開発技術検討委員会

委員長 市川 陽一（龍谷大学名誉教授）

委員 河野 吉久（（一財）電力中央研究所名誉研究アドバイザー）

小野寺 亨（東北電力株式会社 発電・販売カンパニー 火力部地熱統括センター 所長）

※前任：石崎 潤一（上記同センター 前所長）

（2021年12月時点）

オブザーバー

経済産業省 商務情報政策局 産業保安グループ 電力安全課

環境省 大臣官房 環境影響評価課 環境影響審査室

# 目次

第1章 総論.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 背景.....	1
1.3 予測手法の基本的な考え方.....	2
第2章 硫化水素の大気拡散予測手法の概要.....	3
2.1 風洞実験.....	3
2.2 詳細予測数値モデル.....	4
2.3 簡易予測数値モデル.....	5
第3章 既往アセスにおける硫化水素拡散の予測事例.....	6
3.1 省議アセスにおける予測事例.....	6
3.2 法アセスにおける予測事例.....	6
第4章 予測評価に関する基本的な考え方.....	8
4.1 予測手法.....	8
4.2 予測地点.....	8
4.3 予測条件.....	8
4.4 予測結果の評価.....	9
4.5 着地濃度の低減を図る配慮の一例.....	10



## 第1章 総論

### 1.1 目的

本ガイドラインは、地熱発電所の新設・更新にあたり、冷却塔から蒸気とともに大気中に排出される硫化水素による環境影響について、地熱発電事業者が適切な影響予測を実施するための基本的な考え方をとりまとめたものである。

### 1.2 背景

地熱発電所では、地熱貯留層から取り出した蒸気中にガス成分として硫化水素が含まれており、最終的には冷却塔から大気中へと排出される。冷却塔から排出される「硫化水素による人への影響」については、これまでに環境影響評価の手続きが実施されたすべての案件において、影響評価が実施されている。

硫化水素の大気拡散に関わる予測手法は、経済産業省の「発電所に係る環境影響評価の手引」<sup>1)</sup>（以下「発電所アセス手引」という。）に示されており、従来は主に風洞実験が用いられてきた。2013～2015年度に実施されたNEDO事業「地熱発電技術研究開発／発電所の環境保全対策技術開発／地熱発電所に係る環境アセスメントのための硫化水素拡散予測数値モデルの開発」では、風洞実験の代替として用いることができる二種類の硫化水素拡散予測数値モデル（簡易予測数値モデル、詳細予測数値モデル）が開発され<sup>2)</sup>、そのうち詳細予測数値モデルは、2017年5月の「発電所アセス手引」改訂において硫化水素の大気拡散予測手法として追加された。これにより、硫化水素の予測評価に必要となる期間および費用を、従来の風洞実験に比べて、50%以上削減することが可能となり、影響予測評価の大幅な円滑化が図られた。

環境影響評価法の施行（1999年）以降に環境影響評価の手続きが完了した地熱発電所の設置または更新計画5事業のうち、3事業において数値モデルを用いた硫化水素の影響評価が実施され、予測・評価に関する知見が徐々に蓄積されつつある（2021年4月現在）。これまでに得られた知見を整理し、環境影響評価の対象となる事業種別や手続段階に応じた予測モデルの使い分け、予測・評価の条件等を明確化することにより、今後の環境アセスメントのより合理的な実施に資することが期待される。

### 1.3 予測手法の基本的な考え方

硫化水素による環境影響を検討する際の基本的な考え方は、「発電所アセス手引」に以下のとおり示されている。

- 発電所の稼働にともなって排出される冷却塔排気に含まれる硫化水素の拡散は、一般的に周辺の地形および冷却塔等建物の影響を大きく受ける。したがって、その着地濃度の予測は地形、建物の影響および排気の上昇過程の相似性を考慮した風洞実験または風洞実験に代替できる数値計算モデルにより行う。
- 予測に用いるデータとして、以下の情報を整理する。
  - 硫化水素の排出条件（冷却塔の形状・高さ・直径、排出空気量、排出濃度および排出量等）
  - 気象に関するデータ（気温、風向、風速および大気安定度等の気象観測結果）
  - 地形に関するデータ（計画地点周辺の地形および構造物の状況）
- 予測地域は、調査地域と同様に、発電所敷地境界から1 km以内で、周辺の自然的状況（地形、自然噴気、温泉等）や社会的状況（土地利用、産業活動、住居地域、レクリエーション施設等）を考慮して選定する。
- 予測対象時期は、発電所の完成後、発電所が平均的な運転状態となる期間とし、設定可能な場合には硫化水素に係る環境影響が最大となる期間において予測する。
- 予測結果として、最大着地濃度およびその出現位置や周辺の濃度を図表にとりまとめる。また、予測結果をもとに、実行可能な範囲で硫化水素による環境影響の回避・低減が図られているか検討する。



## 第2章 硫化水素の大気拡散予測手法の概要

### 2.1 風洞実験

風洞は、試験セクション内に地形や建物の模型を入れ、予め実大気と類似するよう制御した風を送り、気流やトレーサガスの拡散状態を調べる装置である。火力発電所や地熱発電所の環境影響評価、原子力発電所の安全解析などの実務においてこれまで数多くの風洞実験が実施されてきた。風洞実験では、発電所建屋や周辺地形を精密に再現した模型を使用するため、大気との相似を満足しやすく、また最新の計測技術により信頼性の高い実験データを取得することが可能である。一方、風洞内に安定あるいは不安定な大気境界層を再現するのは一般に困難であり、特に熱と地形の影響が複合した条件では、高度な実験技術が必要となる。また、発電所の環境影響評価等を目的とした実験のためには大型の実験設備が必要となり、設備の運転や実験用模型の製作等に多額の費用が掛かるといったデメリットもある。

地熱発電所の環境影響評価のための風洞実験では、はじめに地形や建屋の模型を設置しない状態で気流調整（平地実験）を行い、大気境界層の再現性や排気上昇軌跡の再現性を確認する<sup>3)</sup>。大気境界層を模擬した風速の鉛直分布と風の乱れは、試験セクションの流入部に設置した乱流格子やスパイヤ、ブロック等の乱流生成装置を用いて再現することが一般的である。気流調整の終了後、平地実験と同じ気流設定にて、地形および発電所内の主要な構造物を再現した実験用模型を設置し、冷却塔模型から放出したトレーサガスを風下でサンプリングして着地濃度を計測する（図1）。なお、排気と外気の温度差にともなう浮力については、実際に温度差を再現するのではなく、冷却塔模型からの排気にヘリウムガスを混入することにより再現するのが一般的である。トレーサガスのサンプリングを風下の複数地点で実施し、平面的な濃度分布を求めたのち、最大着地濃度と合わせて環境影響評価図書に予測結果を記載する。

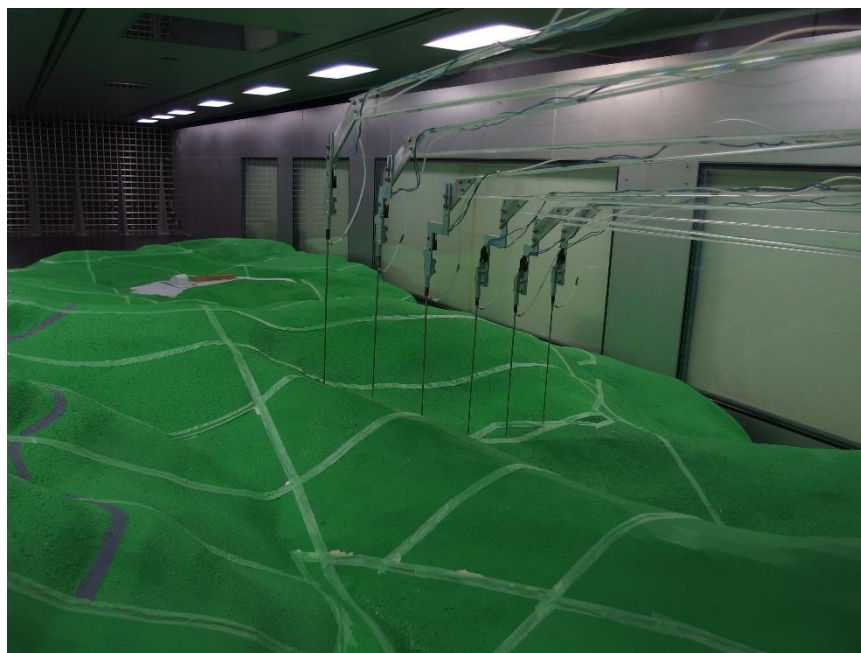


図1 地熱発電所を対象とした風洞実験の様子<sup>4)</sup>

## 2.2 詳細予測数値モデル

2013～2015 年度に実施された NEDO 事業「地熱発電所に係る環境アセスメントのための硫化水素拡散予測数値モデルの開発」で開発された詳細予測数値モデルは、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ある。ベースとなる乱流モデリングには、地熱発電所が山間部に建設されるケースが多いことや、冷却塔の高さが低く周囲に同程度の大きさの発電所建屋が存在することなどを考慮し、地形および建屋が硫化水素拡散に及ぼす影響を的確に捉えるためラージ・エディ・シミュレーション (LES) が採用された<sup>5)</sup>。詳細予測数値モデルは、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る。風洞実験と同様に、冷却塔から直接排気し、排気に対する冷却塔や発電所建屋の影響を扱うため、これらの形状を計算格子上に再現することのできるモジュールが搭載されている (図 2)。

詳細予測数値モデルを、発電所周辺の地形的特徴が異なる 2 地点を対象に実施された風洞実験結果と比較した結果、すべてのケースにおいてモデルで計算された最大着地濃度は風洞実験結果の 0.5～2 倍の範囲内に収まり、また半数のケースでは風洞実験結果に対して 10%以内となる高い予測精度を有することが明らかとなった<sup>2)</sup>。以上より、詳細予測数値モデルは風洞実験の代替手法として地熱発電所の環境影響評価に十分適用可能であると判断され、2017 年 5 月に実施された「発電所アセス手引」の改訂において、硫化水素の着地濃度の予測手法として追加された。

2019～2021 年度に実施された NEDO 事業「冷却塔排気に係る環境影響の調査・予測・評価の手法に関する研究開発」では、詳細予測数値モデルにより実際の地熱発電所における硫化水素の拡散状況をどの程度再現できるかを明らかにするため、現地における調査結果との比較が行われた。その結果、詳細予測数値モデルは野外における実際の拡散現象の再現に対しても有効であることが示された<sup>6)</sup>。

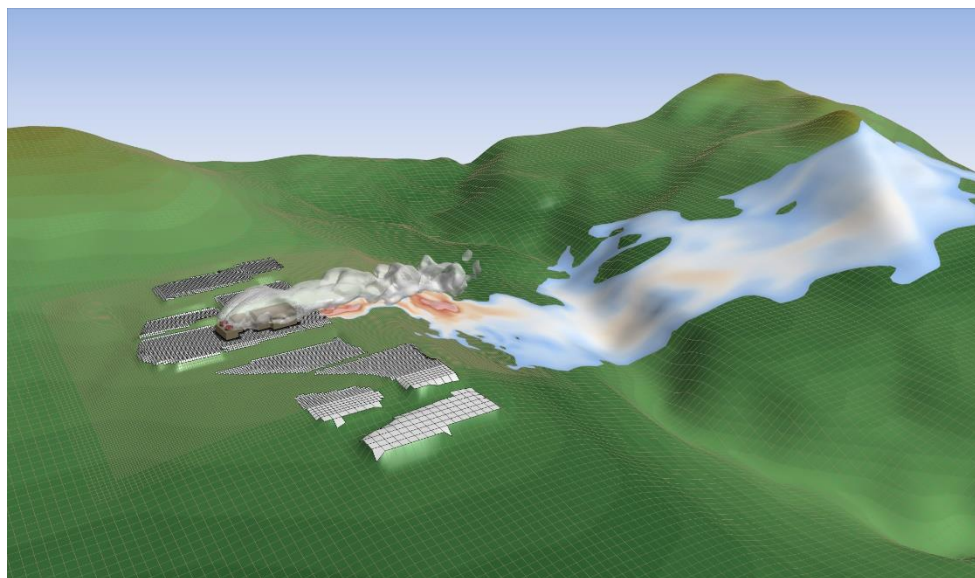


図 2 詳細予測数値モデルのイメージ<sup>4)</sup>

## 2.3 簡易予測数値モデル

NEDO 事業「地熱発電所に係る環境アセスメントのための硫化水素拡散予測数値モデルの開発」(2013～2015 年度) で開発された簡易予測数値モデルは、正規分布型プルーム式に基づき硫化水素の着地濃度予測を行うモデルである。冷却塔排気の拡散に及ぼす建屋影響および排気の上昇過程の算出には、機械通風式冷却塔からの白煙、湿度、温度および液滴飛散量を予測するために電力中央研究所が開発した白煙予測モデル<sup>7)</sup>と同等の予測手法が組み込まれている。

簡易予測数値モデルは、Windows を搭載したパソコン上で動作し、地理情報システム (GIS) を結合することにより、冷却塔の排出諸元 (排気口の高さ、口径、排出空気量、排出空気温度、硫化水素排出量) 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全てグラフィカルユーザーインターフェース (GUI) 上で簡便に行うことができる (図 3)。また、硫化水素の着地濃度予測機能のほかに、冷却塔から排出される白煙の出現頻度の予測や温度・湿度の拡散予測機能が実装されている。

簡易予測数値モデルを、詳細予測数値モデルの精度検証用に実施された 2 地点の地熱発電所および過去の環境影響調査時 (次章、省議アセス参照) に実施された風洞実験結果と比較した結果、冷却塔の排出諸元や建屋・地形、浮力条件等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 0.1～10 倍の範囲で再現可能であることが分かった。また、NEDO 事業「冷却塔排気に係る環境影響の調査・予測・評価の手法に関する研究開発」(2019～2021 年度) では、実際の地熱発電所における硫化水素の現地調査結果との比較にもとづいた精度検証が実施された。その結果、簡易予測数値モデルにおいても一定以上の精度で野外における硫化水素の拡散実態を再現可能であることが確認され、環境アセスメントの事前検討や配慮書作成等に十分活用できることが明らかとなった。

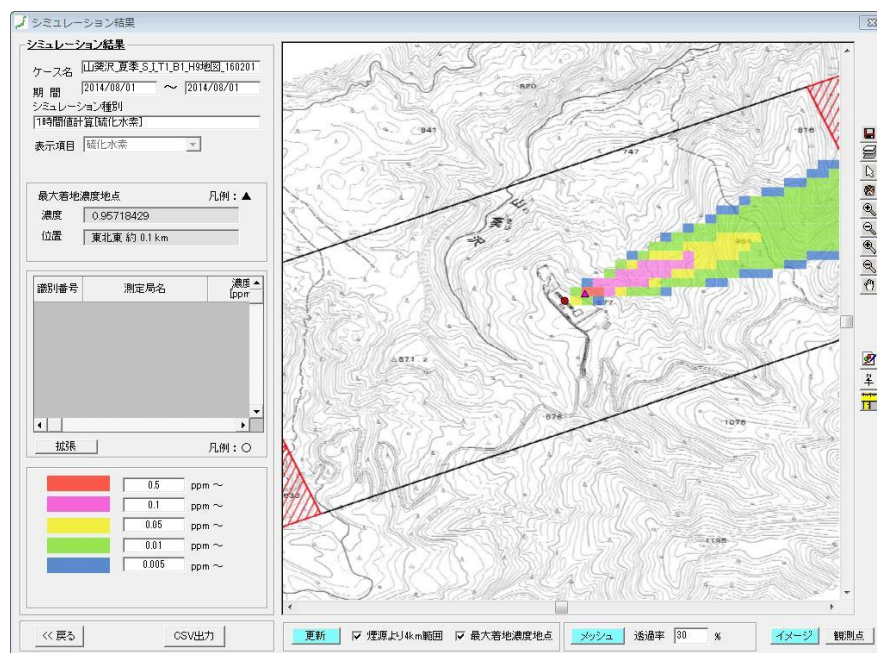


図 3 簡易予測数値モデルのイメージ<sup>4)</sup>

### 第3章 既往アセスにおける硫化水素拡散の予測事例

これまでに実施された国内の地熱発電所の環境影響評価では、すべての案件において、冷却塔から排出される硫化水素の着地濃度の予測が行われている。2017年に実施された「発電所アセス手引」の改訂以前はすべて風洞実験により実施されていたが、「発電所アセス手引」の予測手法に数値モデルが追加された以降、近年では数値モデルが用いられることが多くなっている。

#### 3.1 省議アセスにおける予測事例

アセス法施行以前に、旧通産省省議決定に基づくアセス（以下、省議アセス）において、硫化水素の予測が実施されたのは、表1に示す計9事例である。予測にはいずれも風洞実験が用いられ、冷却塔の排出諸元（冷却塔ファンの運転状態や排出湿空気量、排出湿空気温度、等）には、夏季運転時および冬季運転時の2ケースの値が用いられた。予測対象風向は、発電所計画地点の地上における最多風向や発電所周辺における民家の方向を考慮して選定されていることが多いため、最多風向と民家の方向が同一の場合には選定される風向数は少なくなり、風向数はいずれの事例も1～3であった。風速については、発電所計画地点で実施された気象観測結果を考慮して設定されており、3～6 m/sの範囲内であった。

風洞実験で予測された最大着地濃度は、冷却塔の排出諸元や周辺地形の状況により異なり、高いところでは約0.1～0.3 ppmとなる結果が得られたが、大半の事例では0.1 ppm未満であった。また、最大着地濃度は冷却塔から約100～300 mの風下距離に出現することが多く、風速6 m/sの条件下では最も遠いところで冷却塔から約300～400 m、風速3 m/sの条件下では最も遠いところで冷却塔から約800 mの位置で着地濃度が最大となった。

#### 3.2 法アセスにおける予測事例

これまでに、環境影響評価法に基づく環境アセスメントにおいて硫化水素の拡散予測が実施されたのは、表2に示す5事例である。このうち、風洞実験による予測のみが実施されたものが2例、風洞実験と数値モデルによる予測の両者が実施されたものが2例（うち1件は補足説明資料に風洞実験結果を記載）、数値モデルのみの予測が実施されたものが1例である。

予測対象時期は、いずれも発電所の運転が定常となる時期とし、冷却塔の排出諸元には夏季運転時の値が用いられた。排出諸元に夏季運転時の値が用いられるのは、外気温と排気の温度差が小さい夏季に浮力による排気の上昇効果が弱まり、硫化水素の着地濃度が相対的に高くなることが想定されるためである。

風向は、省議アセスと同様に、発電所計画地点の地上における最多風向および住居等や人と自然との触れ合いの活動の場等の位置を考慮して設定され、風向数はいずれの事例も1～2であった。風速については、発電所計画地点で実施された気象観測結果にもとづき、平均的な状況に相当する年間平均風速（または最多出現風向における平均風速）と、最大着地濃度が最も高くなる想定される年間最大風速の2ケースがすべての事例で設定された。

風洞実験または数値モデルにより予測された最大着地濃度は、平均風速時は最も高いところで約0.5 ppm、最大風速時は約0.7 ppmであった。最大着地濃度が出現する風下距離は、平均風速時は冷却塔から約30～520 m、最大風速時は冷却塔から約30～150 mであった。最大風速時に比べて、平均風速時の方が最大着地濃度が遠方に出現するのは、風速の低減により冷却塔排気が上空まで上昇しやすくなるため、プルームがより遠方まで運ばれて着地するためである。なお、風洞

実験と数値モデルの両方による予測が実施された 2 事例では、最大着地濃度および最大着地濃度距離ともに、予測結果の差異は±10%未満と小さいことが示された。

表 1 省議アセスにおける硫化水素拡散予測事例（風洞実験）<sup>2)</sup>

発電所名	所在地	発電事業者	出力 (MW)	運転開始 (年)
森	北海道森町	北海道電力	25	1982
澄川	秋田県鹿角市	東北電力	50	1995
葛根田 2 号	岩手県雫石町		30	1996
上の岱	秋田県湯沢市		28.8	1994
柳津西山	福島県柳津町		65	1995
八丁原 2 号	大分県九重町	九州電力	55	1990
滝上	大分県九重町		27.5	1996
大霧	鹿児島県牧園町		30	1996
山川	鹿児島県山川町		30	1995

表 2 法アセスにおける硫化水素拡散予測事例

発電所名	所在地	発電事業者	出力 (MW)	評価書確定 (年)	備考
山葵沢	秋田県湯沢市	湯沢地熱	42	2014	風洞実験
大岳	大分県玖珠郡九重町	九州電力	14.5	2016	風洞実験
安比 (仮称)	岩手県八幡平市	安比地熱	14.9	2018	風洞実験 数値モデル
鬼首	宮城県大崎市	電源開発	14.9	2018	数値モデル (風洞実験)
かたつむり山 (仮称)	秋田県湯沢市	小安地熱	14.99	2021	数値モデル

## 第4章 予測評価に関する基本的な考え方

### 4.1 予測手法

実際の地熱発電所における硫化水素の拡散実態調査結果との比較により、詳細予測数値モデルは野外における実際の拡散現象に対しても十分な予測精度を有していることが示された<sup>6)</sup>。一方、簡易予測数値モデルは詳細予測数値モデルには及ばないものの、野外における拡散実態を一定以上の精度で再現可能であることが確認された。また、前述のとおり、簡易予測数値モデルは市販のパソコン上で動作し、冷却塔の排出諸元や風向・風速などの計算条件の設定を GUI を用いて簡便に行うことができるといった利点を有する。

以上のことから、環境影響評価の対象となる事業種別や手続段階に応じて、以下のとおり予測モデルを使い分けることが望ましい。

- 環境影響評価法に基づく環境アセスメントの対象となる第一種事業（出力 1 万 kW 以上）および第二種事業（出力 7,500 kW～1 万 kW）の地熱発電所においては、従来どおり「発電所アセス手引」にしたがって、詳細予測数値モデルを用いた予測評価を行うことが適切である。
- 環境影響評価法の対象事業規模未達となる小規模な地熱発電所を対象とした自治体による条例アセス等においては、簡易予測数値モデルを用いた予測評価を行うことが可能である。
- 環境影響評価法の対象事業においても、冷却塔の排出諸元に関する事前検討や、配慮書の手続き段階における複数案の検討を実施する場合等には、簡易予測数値モデルを用いた対応が可能である。

### 4.2 予測地点

既往アセスにおける硫化水素拡散の予測事例より、冷却塔から排出される硫化水素の最大着地濃度は、冷却塔に近い風下位置に出現するケースが多いことが明らかとなった。特に、着地濃度が高くなる風速が大きい条件下では、冷却塔から約 300～400 m の範囲内に最大着地濃度が出現する。したがって、発電所周囲の状況により、以下のとおり予測地点を明確化することが望ましい。

- 冷却塔から 500 m 以内に住居等の恒常的な人の立ち入り場所がある場合には、住居等位置における硫化水素の着地濃度を予測評価する。
- 発電所周囲に対象となる住居等が複数ある場合には、現地の風況や地形的特徴を考慮した上で予測地点を設定する。
- 住居等の恒常的な人の立ち入り場所の有無に関わらず、最大着地濃度の値および出現位置は既往のアセスと同様に予測する。

### 4.3 予測条件

#### (a) 排気諸元

- 冷却塔の排気諸元は、一般に外気温と排気の温度差が小さい夏季に硫化水素の着地濃度が高くなることが想定されるため、夏季運転時を主たる対象とする。
- 冬季運転時において、冷却塔ファンの運転条件の変更等により、排気の上昇高さが夏季に比べて大幅に低くなることが想定される場合には、硫化水素による環境影響が最大となる

条件を考慮することが望ましい。

(b) 風速

- 風速は、年間平均風速と年間最大風速の2パターンを基本とする。
- 冷却塔から500 m以内に住居等の恒常的な人の立ち入り場所がある場合、住居等が風下となる風向における平均風速が全風向における平均風速と著しく異なるケースでは、その風向における平均風速を採用するなど、状況に応じて設定することが望ましい。
- 冷却塔から500 m以内に住居等の恒常的な人の立ち入り場所がない場合には、最大風速のみに限定することが可能である。

(c) 風向

- 風向は、冷却塔から500 m以内に住居等の恒常的な人の立ち入り場所がある場合には、住居等が風下となる風向および年間最多風向を基本とし、1~2 ケース程度選定する。
- 複数の方向に住居等がある場合には、風向出現頻度等を考慮するなど、状況に応じて設定することが望ましい。
- 冷却塔から500 m以内に住居等の恒常的な人の立ち入り場所がない場合には、年間最多風向を基本とする。ただし、500 m以遠における住居等の状況や周辺の地形的特徴等を考慮して設定することが望ましい。

(d) 気温

- 気温は、夏季を対象とする場合には年間最高値、冬季等の他の時期を対象とする場合には、排気の上昇速度が十分に得られず着地濃度が大きくなると想定される場合など、硫化水素の最大影響を考慮して設定することが望ましい。

#### 4.4 予測結果の評価

硫化水素濃度の予測結果の値について、人への影響の有無について、以下のとおり評価する。

- 予測結果は、最大着地濃度およびその出現地点、住居等位置における着地濃度ならびに周辺の濃度分布としてまとめる。
- 予測結果の評価は、下記の基準との比較により行う。
  - ✓ 年間最大風速時の最大着地濃度：1 ppm（屋外作業等における作業環境管理に関するガイドライン<sup>8)</sup>）
  - ✓ 平均風速時の住居等位置における着地濃度：0.11 ppm（欧州空気質ガイドライン（世界保健機関）<sup>9)</sup>）
- 予測結果の評価の際に参照する濃度（屋外作業等における作業環境管理に関するガイドライン、欧州空気質ガイドライン（世界保健機関））は10分間以上や24時間の暴露時間に対する基準値である。一方、風洞実験や数値モデルによる予測結果は、風向が一定で拡散に寄与する変動が小さい場合の気象条件における概ね3分間値に相当する濃度であり、最大着地濃度を評価する上では一般的に安全側となる。

#### 4.5 着地濃度の低減を図る環境配慮の一例

- 冷却塔から排出される硫化水素の着地濃度を低減するために実行可能な環境配慮の例として、以下の対応がある。
  - ✓ 冷却塔の排出口をより高くする。(ファンスタックを高くする、冷却塔設置位置の地面を盛土によりかさ上げする、など)
  - ✓ 排気量、排気速度を増加させることにより、排気をより上昇させる
  - ✓ 冷却塔の形状が長方形の場合には、長辺方向が主風向と並行となるようにする<sup>10)</sup>
- 環境配慮の検討にあたっては、他の環境項目に新たな影響を及ぼす可能性もある。その一例としては、冷却塔の排出口を高くすることにより、景観への影響が大きくなる場合が想定される。硫化水素による環境影響に関する環境配慮を検討する際には、複数の環境への影響を多面的に検討し、最適な対策を講じることが必要である。



## 引用文献

- 1) 経済産業省 . 2020. 発電所に係る環境影響評価の手引 .  
[https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/sangyo/electric/detail/tebiki.html](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/electric/detail/tebiki.html)
- 2) NEDO. 2016. 平成 25 年度～平成 27 年度成果報告書 地熱発電技術研究開発／発電所の環境保全対策技術開発／地熱発電所に係る環境アセスメントのための硫化水素拡散予測数値モデルの開発.
- 3) 柿島伸次. 1979. 地熱発電所冷却塔のブルームの拡散に関する風洞実験. 地熱エネルギー 12: 120-127.
- 4) 電力中央研究所. 2016. 地熱発電所の環境アセスメントの効率化に向けてー風洞実験に代わる硫化水素拡散予測数値モデルを開発ー. 電中研ニュース 482.
- 5) 小野浩己, 瀧本浩史, 佐藤歩, 道岡武信, 佐田幸一. 2016. 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 52: 19-29.
- 6) NEDO. 2021. 2021 年度成果報告書 地熱発電技術研究開発/発電所の環境保全対策技術開発 冷却塔排気に係る環境影響の調査・予測・評価の手法に関する研究開発
- 7) 道岡武信, 佐藤歩, 下田昭郎, 佐田幸一, 市川陽一, 大蔵革. 2009. 機械通風式冷却塔からの白煙予測手法 (その 3) ー白煙予測モデルの開発ー. 大気環境学会誌 44: 227-235.
- 8) 厚生労働省. 2005. 屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドライン.  
<https://www.jaish.gr.jp/horei/hor1-46/hor1-46-10-1-2.html>
- 9) World Health Organization. 2000. Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. *WHO Regional Publications, European Series*, 91.
- 10) 道岡武信, 佐藤歩, 佐田幸一, 下田昭郎, 市川陽一. 2009. 機械通風式冷却塔からの白煙予測手法 (その 1) ーブルーム上昇・拡散モデルの開発ー. 大気環境学会誌 44: 147-154.