



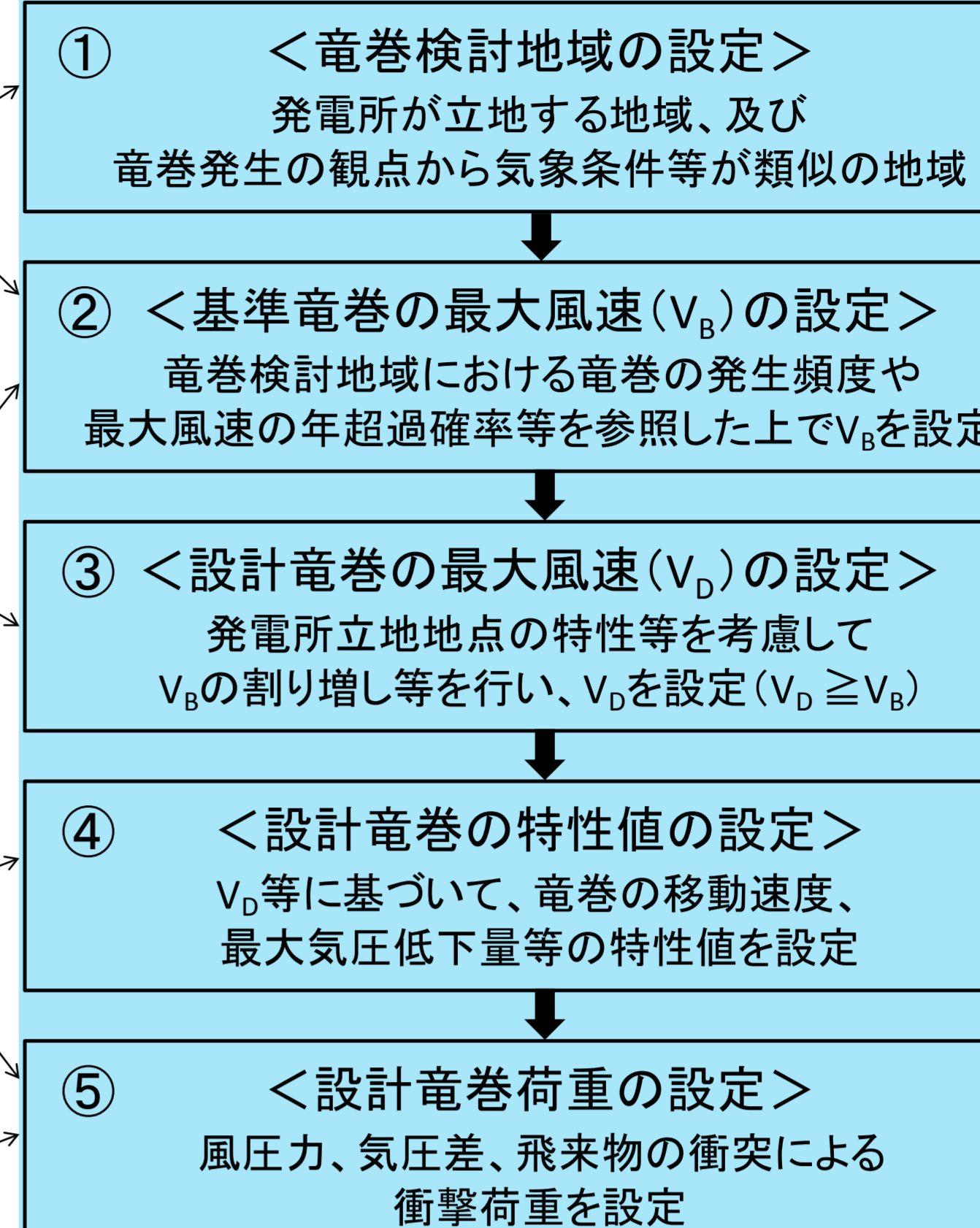
原子力発電所に対する 竜巻影響評価法と飛来物防護技術の開発

背景

- ✓ 大規模自然災害による原子力発電所の過酷事故を教訓として、国の原子力規制委員会により原子力発電所に係る新規制基準が策定された(2013年7月施行)。竜巻による影響を評価する指針として、同委員会により「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」が制定された。
- ✓ 事業者はこのガイドの設計フローに準じて竜巻の影響を評価し、必要な防護対策を講じることが求められた。
- ✓ 当所では、この対応で必要となる一連の評価法・ツールを開発するとともに、飛来物防護対策法を考案した。

当所での竜巻関連の主な研究・開発

1. 竜巻検討地域の設定法の提案
2. 竜巻発生頻度評価法などの開発
3. 竜巻飛来物速度評価法などの開発
4. 防護ネットの開発



原子力規制委員会ガイドの設計フロー

1. 竜巻検討地域の設定法の提案

【目的】 竜巻発生観点から、気象条件が発電所の立地地域と類似の地域を特定する。

【方法】 長期・高解像度気象・気候データベースCRIEPI-RCM-Era2(電中研)を利用して、上昇気流の発生しやすさを示す指数^{*1}と渦の発生しやすさを示す指数^{*2}を過去50年間に亘って計算し、両指数が各閾値を同時に超過する頻度の分布図を作成した(図1-1)。

【成果】 同時超過頻度が高い地域は、実際に日本最大級の竜巻(F3^{*3})が発生した地域^{*4}(図1-2)を包含することを示し、竜巻検討地域として設定することを提案した。

*1 CAPE: Convective Available Potential Energy
*2 SReH: Storm Relative Helicity
*3 フジタスケール: 竜巻強度に応じたF0~F5の区分
*4 局所地形の影響で発生した佐呂間竜巻(北海道)を除く

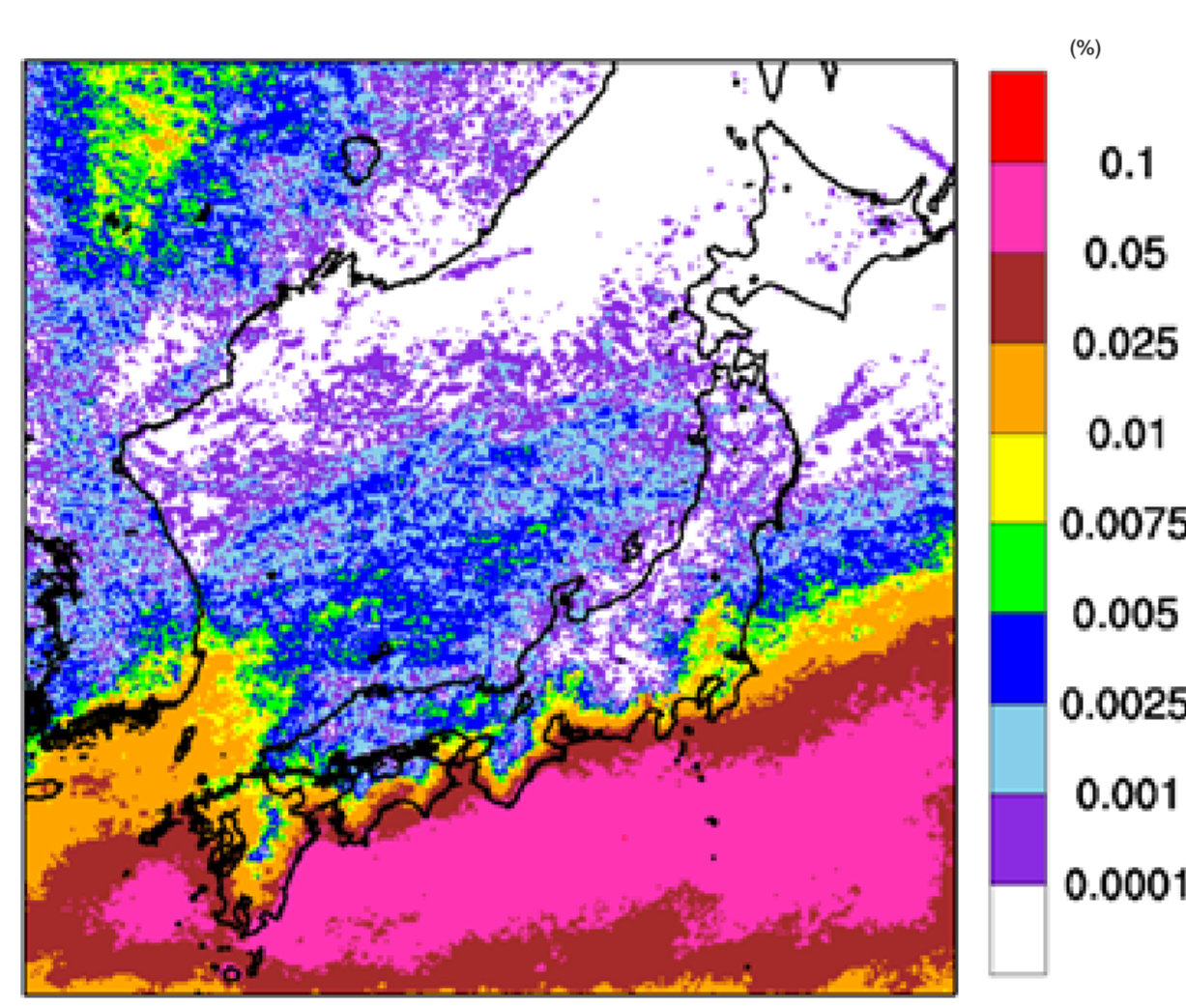


図1-1 CAPE/SReH同時超過頻度分布

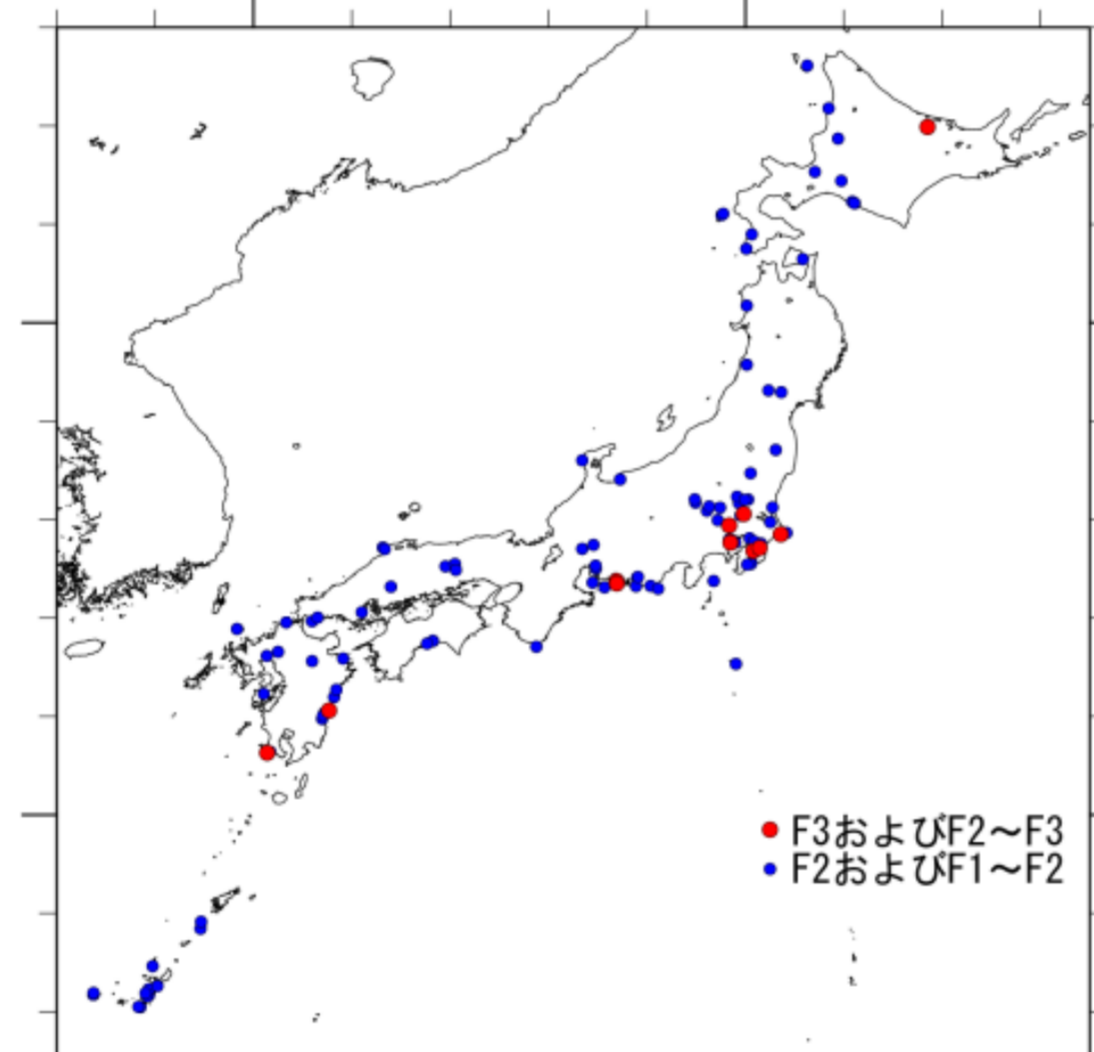


図1-2 F2およびF3竜巻の発生箇所

2. 竜巻発生頻度評価法の開発

【目的】 竜巻データの年代的な不均質性や、海岸線沿いに偏在する竜巻発生位置の空間的不均一性(図2-1)など、わが国固有の竜巻特性を考慮した領域竜巻ハザード評価方法を構築する。

【方法】 年代による竜巻データの収集方法の違いを考慮して、過去51.5年間の均質な竜巻データ(疑似データ)を作成するとともに、竜巻移動経路が短冊領域を横切る長さ(セグメント長さ)に基づく評価方法を提案した。

【成果】 提案した評価方法をTOWLA^{*1}としてツール化し、事業者が原子力発電所の安全審査資料を作成する際の竜巻発生確率の評価に適用している(図2-2)。

*1 TOWLA: Tornado Wind Hazard Model for Limited Area

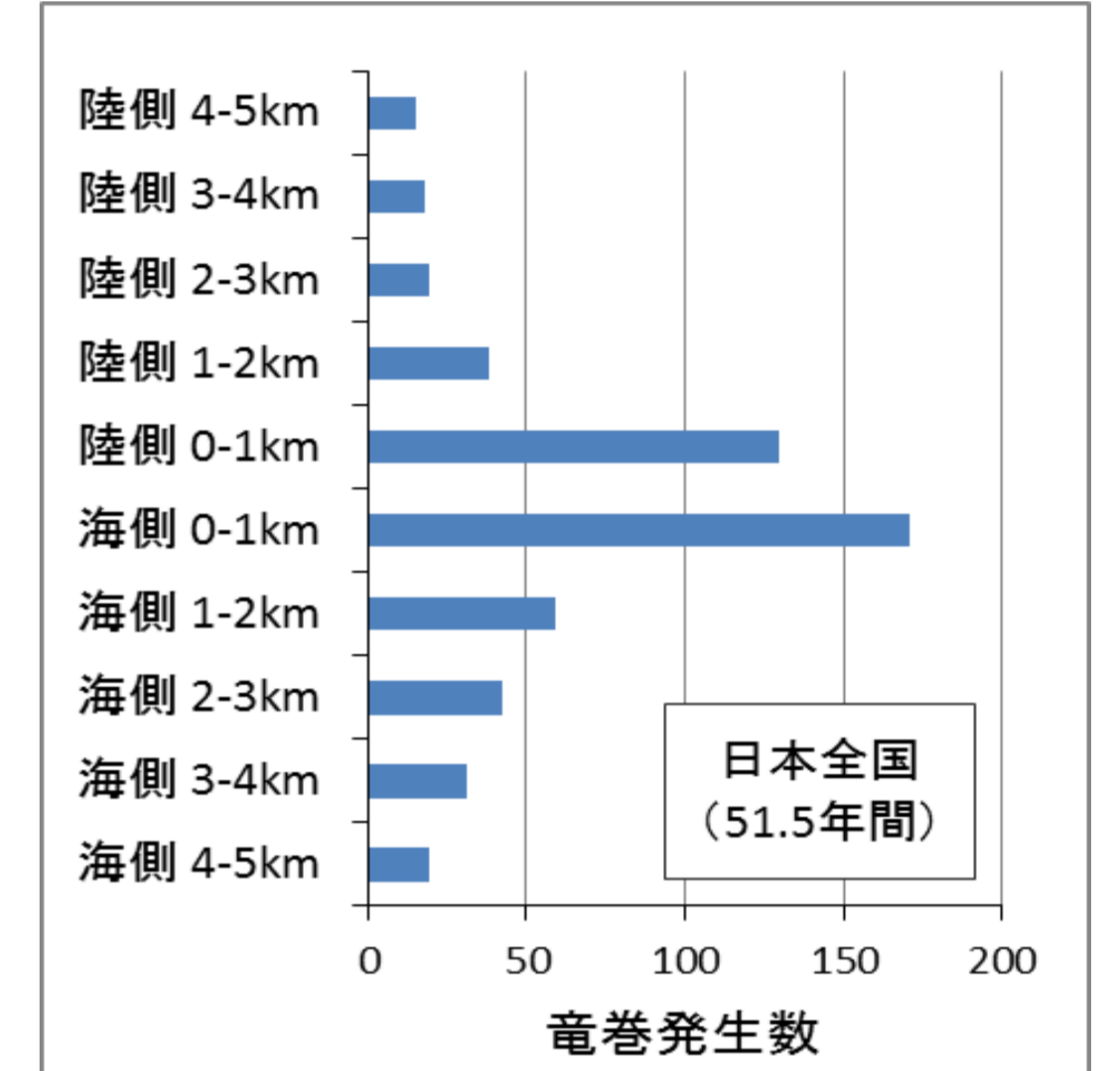


図2-1 海岸線からの距離別竜巻発生数

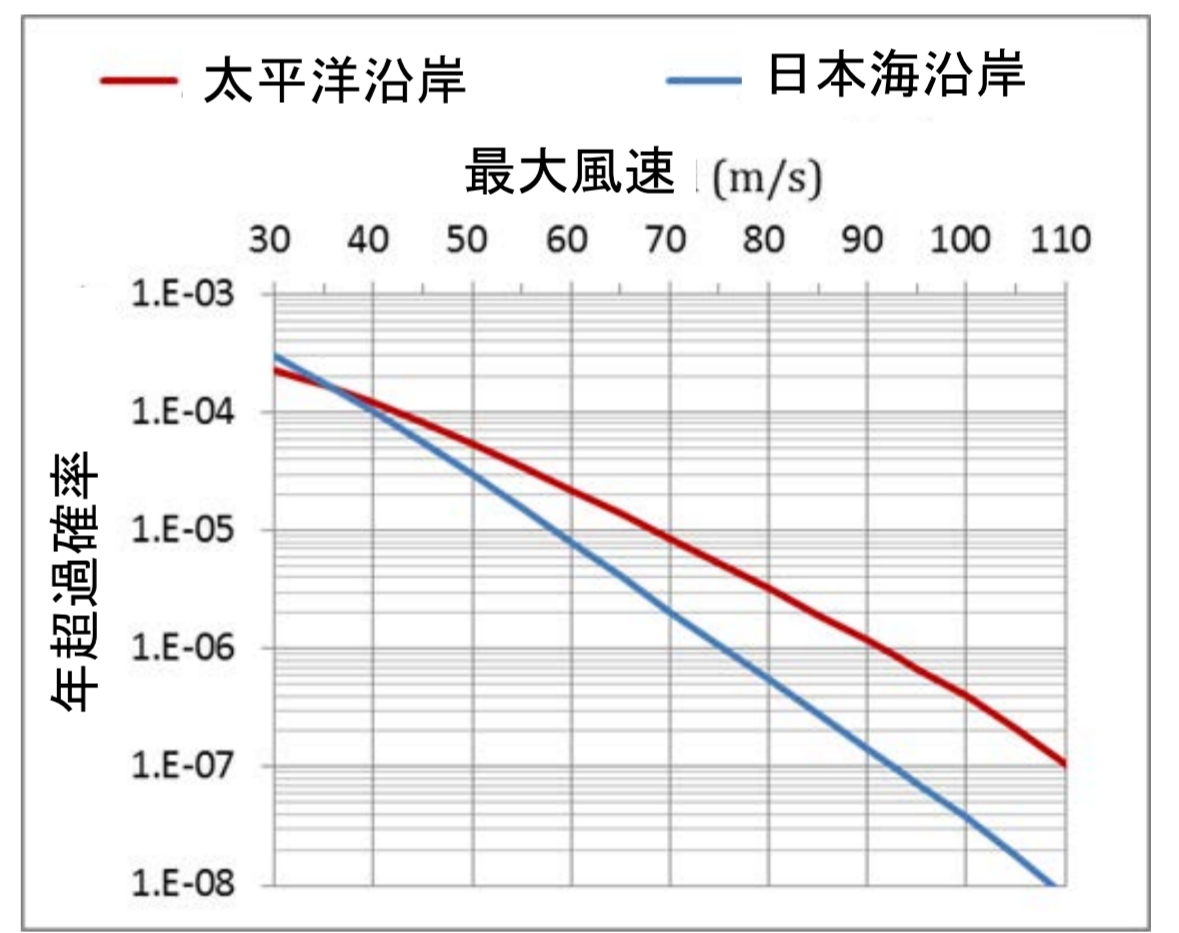


図2-2 直径300mの構造物に対する太平洋側と日本海側のハザード曲線

3. 竜巻飛来物速度評価法の開発

【目的】 竜巻飛来物が原子力発電所の重要施設に衝突した場合の衝撃荷重を設定するために、飛来物の設計速度を設定する。

【方法】 藤田博士が提案した竜巻風速場モデル(図3-1)を利用して、地上に置かれた物体の浮上・飛散現象を再現できる竜巻飛来物評価手法を提案し、評価解析ソフトTONBOS^{*1}を開発した。

【成果】 佐呂間竜巻(F3)において4トントラックが約40m移動した現象をTONBOSによる計算で再現することができた(図3-2)。

この評価法は、事業者が原子力発電所の安全審査資料を作成する際の飛来物衝撃荷重の設定に活用されている。

*1 TONBOS: Tornado-borne missile analysis code

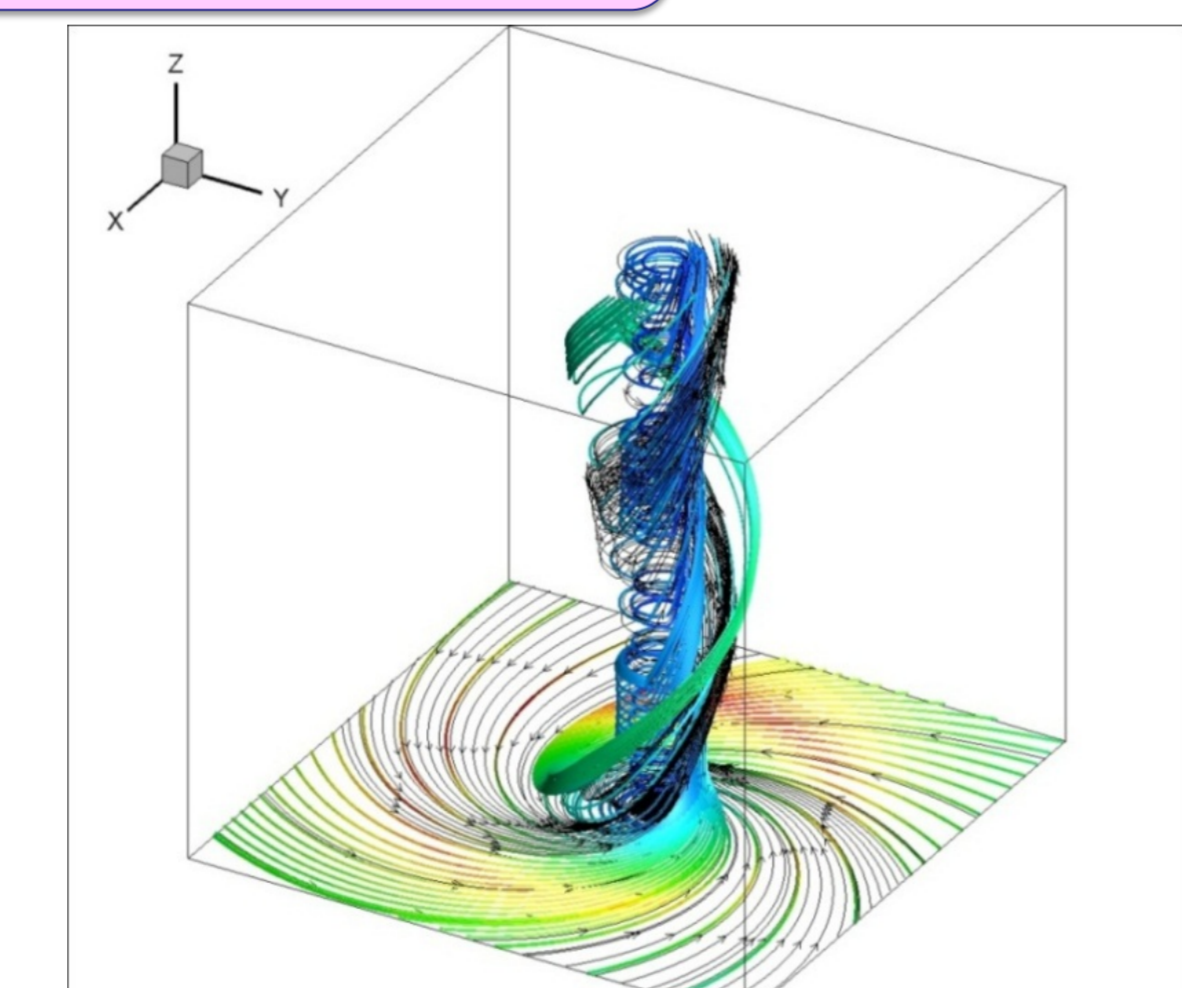


図3-1 竜巻風速場(藤田モデル)の流線



図3-2 竜巻によるトラック飛散現象の再現

4. 防護ネットの開発

【目的】 竜巻飛来物が高速で原子力発電所の重要施設に衝突する可能性がある場合に備えて、適切な防護対策法を開発する。

【方法】 耐風性・耐震性を考慮して、耐衝撃性に富んだ防護ネット材と衝撃吸収機構(図4-1)による竜巻防護方策を提案した^{*1}。

【成果】 高所から重量物を落下させる評価試験(図4-2)によって、この設置工法の耐衝撃性能を確認するとともに、金網の変形形状から限界吸収エネルギー量を算定する手法を開発した。

これらの知見により、竜巻飛来物防護ネットの設計法を確立した。

*1 電力中央研究所報告 N13014、「竜巻飛来物に対する防護ネットの評価手法と対策工法の提案」

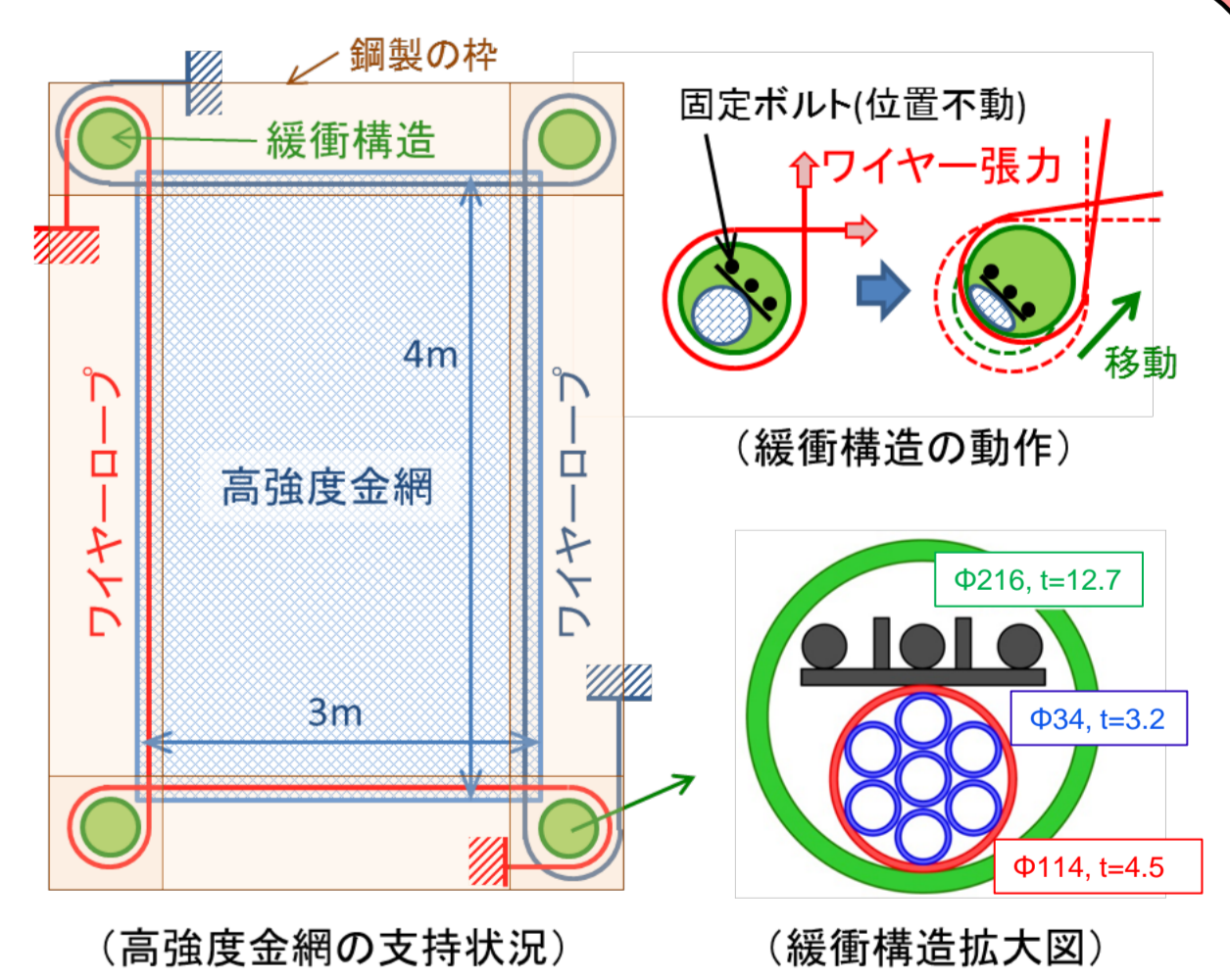


図4-1 支柱での衝撃吸収メカニズム

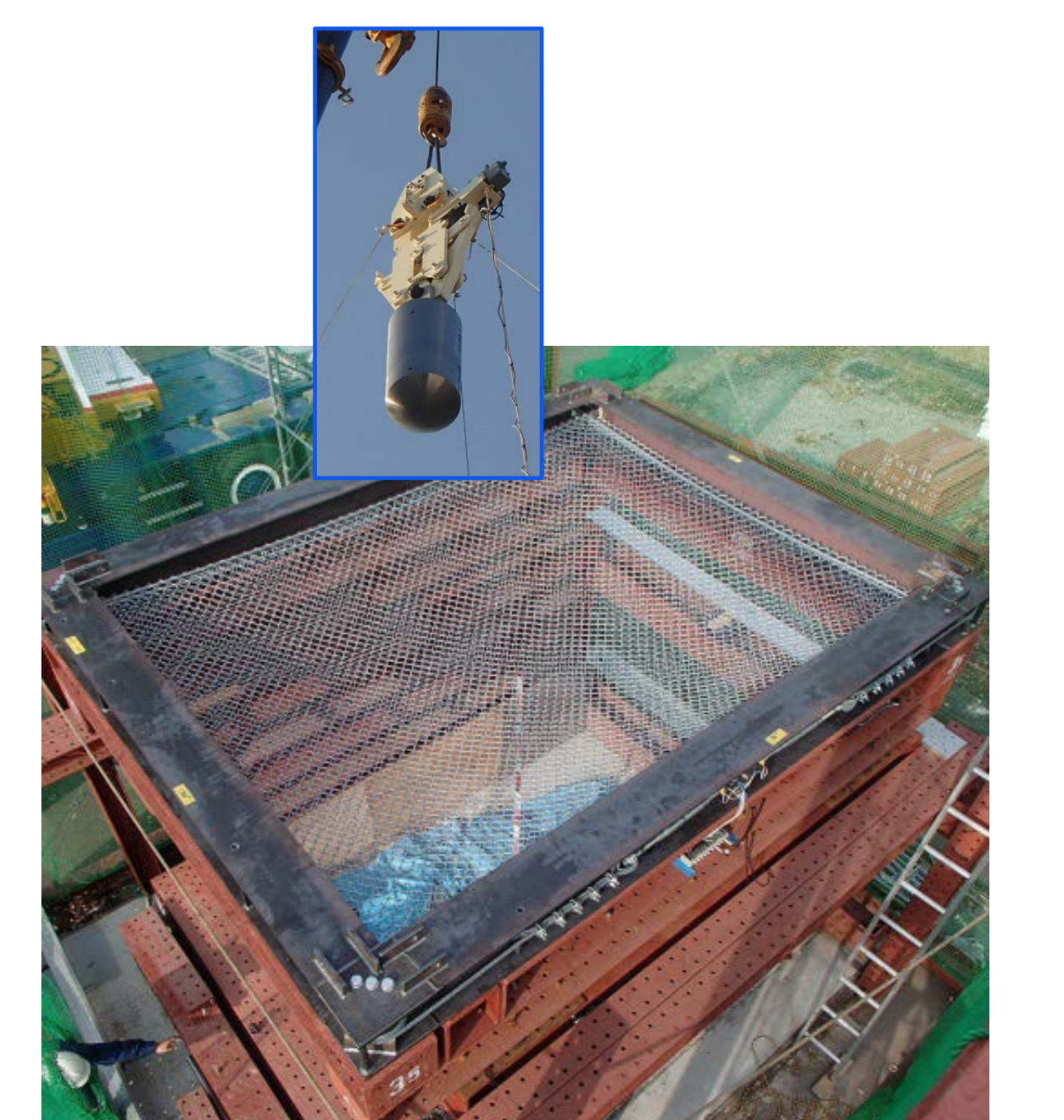


図4-2 衝突エネルギー吸収性能試験