

## 【報告 2】 火力発電設備の運用変化に伴う 課題への対応

電力中央研究所 理事待遇  
エネルギートランスフォーメーション研究本部  
研究統括室長 渡辺和徳

研究成果報告会2025

2025年11月13日

Ⓡ 電力中央研究所

© CRIEPI 2025



Ⓡ 電力中央研究所

### 本報告でお伝えしたいこと

太陽光発電などの変動性再エネの導入拡大に伴い、火力発電の調整力への期待が増しており、現状でも**頻繁な起動・停止や出力変化等**を伴う**過酷な運転**をせざるを得ない状況にある

火力発電が直面する運用変化と脱炭素燃料利用への変化に対応するためには、それらが原因で生じる、**従来とは異なる機器劣化**に応じた**保守・管理**が必要になる

運用変化に対しては、**プラント動特性**の把握ならびに**熱疲労や起動停止に伴う水質悪化**が、脱炭素燃料利用に対しては、**燃焼ガス性状の変化やバイオマス貯蔵時の自然発熱や粉じん爆発**が、機器劣化に及ぼす影響の評価と対応する**保守・管理**が重要になる

© CRIEPI 2025

1

## 本報告の内容は電力インフラに対し どのような価値向上の要素を持っているか

### 価値向上の要素

更新判断と  
高経年化対策

運用変化  
対応

自然災害  
対応

設備保全・  
合理化

性能向上・  
非化石等増発電

### 報告会の構成

報告 1 電力流通設備のアセットマネジメントへの貢献

報告 2 火力発電設備の運用変化に伴う課題への対応

報告 3 水力発電設備の高経年化・自然災害リスクへの対応

報告 4 電力流通設備の災害復旧支援システムの開発と実務適用 — 災害情報共有プラットフォームの活用拡大 —

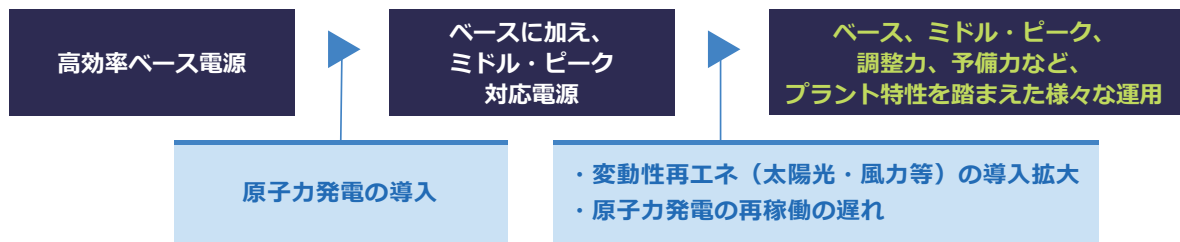
報告 5 電力設備の電気化学的手法による腐食劣化評価 — 送電鉄塔とコンクリート構造物への適用 —

報告 6 電力設備用パワー半導体の長期信頼性評価とSiCパワー半導体による技術革新

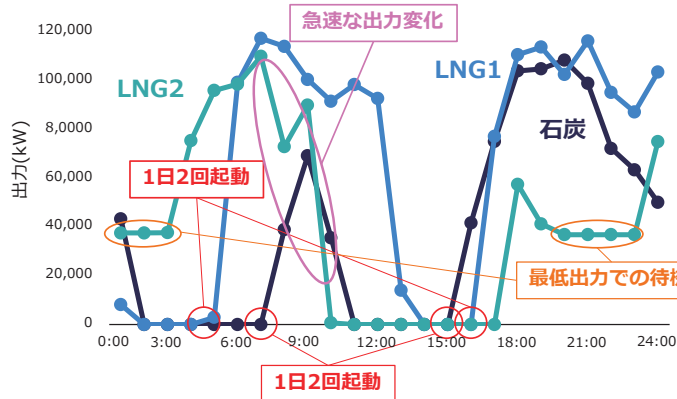
## 報告内容

1. 火力発電の運用変化と求められる性能
2. 想定される設備劣化と当所の取り組み
  - ① 運用変化に対応する保守技術
  - ② 脱炭素燃料利用に対応する保守技術
3. 将来に向けた保守に係る課題の展望
4. まとめ

## 火力発電の運用変化



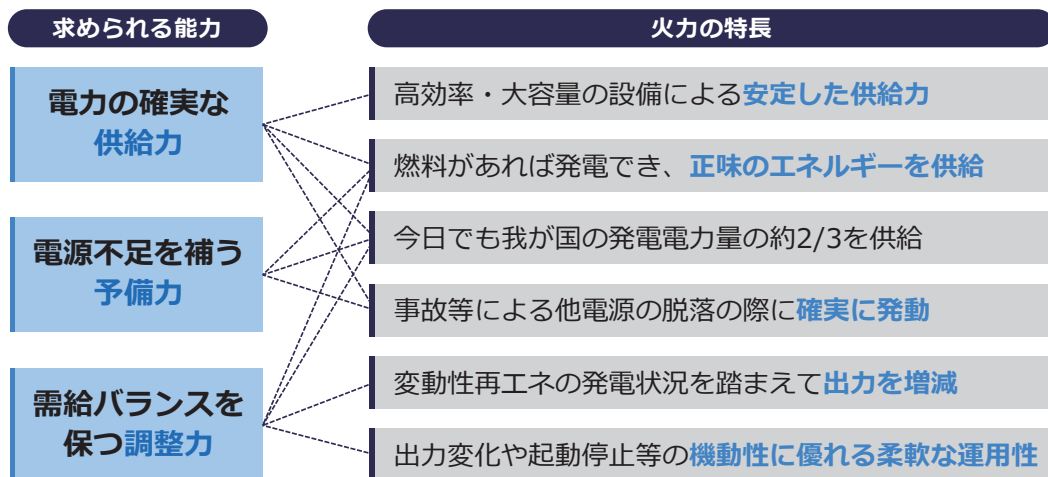
## 火力発電の調整電源としての運転実績例



今後は、大型・高効率の火力発電設備に対しても、このような過酷な運用が強いられる可能性がある

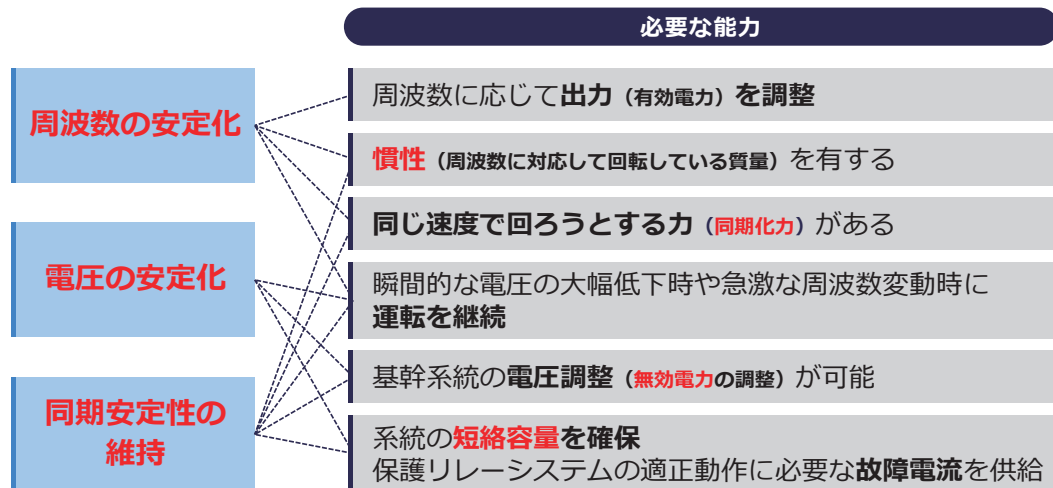
## 電力供給面から火力に求められる能力

調整力運転の増加に伴い設備利用率が下がる一方で、変動性再エネの導入が拡大するほど  
バックアップとしての供給力・予備力（設備容量）はさらに必要



## 電力システムの安定性維持に必要な能力

下図の **赤字箇所**は火力発電が従来備えている能力であり、変動性再エネの導入拡大や電力系統安定への貢献価値を保有



## 今後の火力設備活用の方方向性と価値

### ■ 第7次エネルギー基本計画

『電力需要を満たす供給力、出力変動や周波数変動を補う調整力、系統の安定性を保つ慣性・同期化力として重要な役割を担っている』

### 火力発電設備活用の方方向性

#### 非効率な石炭火力

**フェードアウト** ⇒ カーボンニュートラル対応火力へのリプレース

#### 既設ガスタービン複合発電や高効率石炭火力

バイオマス、アンモニア、水素等の脱炭素燃料との混焼（+CCUS）により**トランジション期**に活用

長期脱炭素電源オークションにより導入される**高効率ガスタービン複合発電**  
LNGから脱炭素燃料への移行とCCSの導入を念頭に**2050年以降も活用**

変動性再エネのさらなる導入拡大により、  
電力供給、系統安定維持に対して**現状以上の能力が必要**

火力発電の重要性は増加し、  
**適切な設計がなされた機器の導入が不可欠**

## 火力発電が今後も役割を果たしていくための課題

## 運用変化への対応に必要な技術の開発

- 火力発電が持つ調整力に係る性能向上
  - ・ 起動時間の短縮
  - ・ 出力変化速度の向上
  - ・ 最低出力の引き下げ、等

火力に適用するCO<sub>2</sub>排出削減技術の開発

- 脱炭素燃料利用技術の確立

火力が持つ価値の理解促進に向けた  
分かりやすい情報発信設備利用率が下がる状況下における事業  
成立性の確保

## 本日の報告

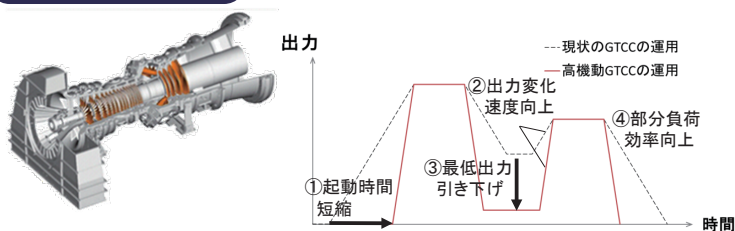
既に顕在化しつつある  
多様で過酷な運転条件  
に耐える合理的な設備  
保守技術について、  
当所の取り組みと今後  
の展望を報告する

(参考) 当所の技術開発の実施例

## 運用変化への対応に必要な技術の開発

## ガスタービン複合発電の機動性向上技術の開発

ガスタービンイメージ図



現在、NEDO事業において、  
左下記仕様の設備の実証に向  
けて、CO<sub>2</sub>排出量削減や電力  
系統安定に及ぼす効果について、  
FSを実施中

## 開発目標

項目	目標値(2015年以前の性能)	主な効果
① 起動時間短縮	10分(60分程度) ※ホットスタート	再エネ発電量予測はずれへの対応
② 出力変化速度向上	20%/分(5%/分)	インバランスの解消
③ 最低出力引き下げ	10%(45%程度) ※一軸式GTCC	再エネの受け入れ拡大
④ 部分負荷効率向上	-10%(-15%) ※1/2負荷時における定格時の効率からの低下分(相対値)	燃料消費量およびCO <sub>2</sub> 排出量の削減

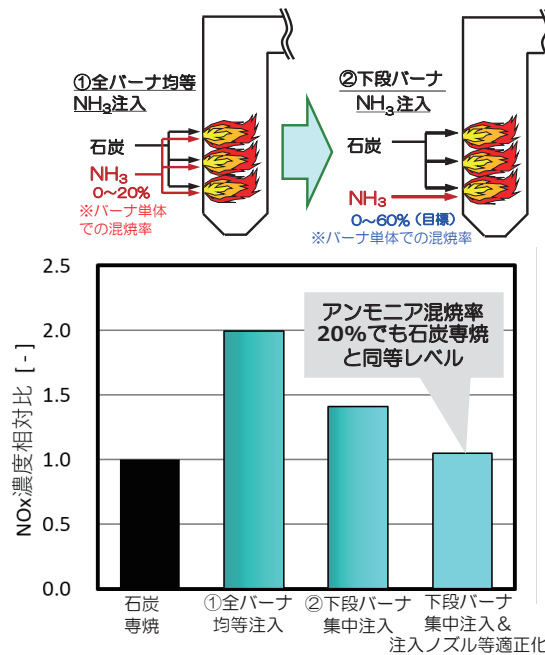
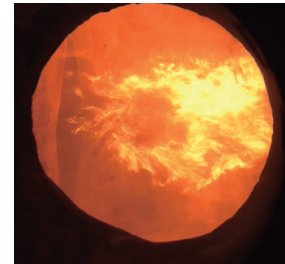
## 【参考文献】

- NEDO 2018 年度～2021 年度成果報告書「機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究」
- NEDO 平成29年度成果報告書「機動性に優れた広負荷帯高効率GTの開発」
- NEDO 平成28年度成果報告書「再生可能エネルギー大量導入時の電力系統安定化における火力発電の役割とガスタービンの負荷変動吸収能力の向上によるCO<sub>2</sub>削減効果に関する調査研究」
- 平成26年度～平成27年度成果報告書「再生可能エネルギー・環境新技術先導プログラム「再生可能エネルギー大量導入時代の系統安定化対応先進ガスタービン発電設備の研究開発」

(参考) 当所の技術開発の実施例

火力に適用するCO<sub>2</sub>排出削減技術の開発

## 石炭火力発電におけるアンモニア混焼技術の開発

石炭-アンモニア混焼火炎の例  
-アンモニア混焼率60%<sub>LHV</sub>-

## 【参考文献】

- NEDO 2021 年度～2023 年度成果報告書「火力発電所でのCO<sub>2</sub>フリーアンモニア燃料利用拡大に向けた研究開発」
- NEDO 2019 年度～2020 年度成果報告書「微粉炭焚きボイラにおけるマルチバーナ対応アンモニア混焼技術の研究開発」
- SIP 終了報告書「エネルギーキャリア/アンモニア直接燃焼/既設火力発電所におけるアンモニア利用に関する検討」、平成31年3月

© CRIEPI 2025

10

## ①運用変化に対応する保守技術

## プラント動特性評価技術

- 起動停止の増加や頻繁な出力変化などの運用変化は、多くの既設設備では設計外運転  
⇒設備に生じる異変や性能変化の知見がなく、プラント動特性の把握が重要

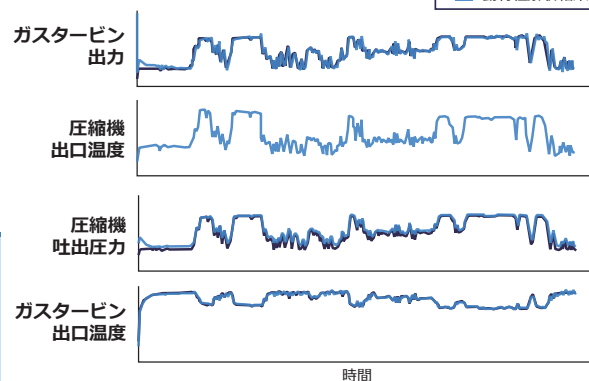
## 取り組み状況と今後の展開

- 出力変化速度など運転条件の変更に対応する動特性解析ツールを構築し、運転制約を考慮した調整力向上方策の提案を可能とした
- 数理解析技術の適用により、出力変化時の運転データからでも定格出力時の熱効率を評価可能とした

## 今後の展開

高速かつ高精度な熱疲労解析アルゴリズムを適用し、リアルタイム損傷評価の実現を目指す

## 実プラントへの適用例



出力指令値や運転実績値を入力することで、構成機器の動作や性能など、出力変化時の状態量を精度良く再現

© CRIEPI 2025

11



## 高温配管に対する余寿命診断技術

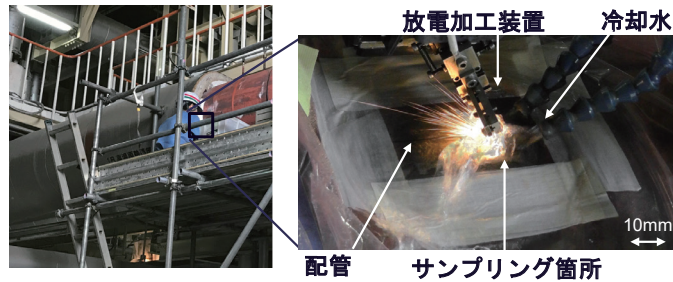
ロビー展示にて  
詳細をご紹介します

## 想定される設備劣化

- 頻繁な出力変化や起動停止により劣化の主要因がクリープ\*1から熱疲労\*2に変化

## 取り組み状況と今後の展開

- 過半数の電力会社の高効率石炭火力発電プラントを対象に、高温配管から微小サンプルを採取し、破壊試験結果に基づく実機配管の寿命に関する知見と実績を蓄積した
- 国の「余寿命診断に関する指針」への本技術の追加について、2025年度から専門委員会での審議が開始された



従来比1/8厚(0.5mm)のサンプル試験技術を確立し、  
実機配管からのサンプル採取を実現  
(高効率石炭火力発電プラントにおいて世界初)

\*1 高温下で使用中に負荷応力と時間で変形が進行する  
\*2 繰返応力によりき裂が発生・伝播する

## 今後の展開

運用変化に対応すべく、クリープ損傷だけでなく  
「クリープ+熱疲労」損傷に関する診断技術の開発に展開する

## ボイラ給水処理の最適化技術

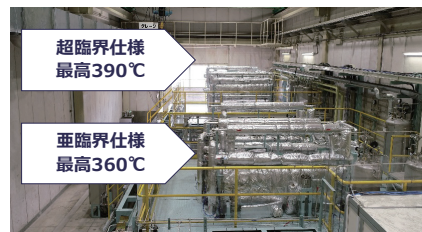
ロビー展示にて  
詳細をご紹介します

## 想定される設備劣化

- 高頻度の起動停止に伴う水質悪化により、管内面に腐食やスケールが生成

## 取り組み状況と今後の展開

- 火力発電プラントの水質模擬に特化した「火力給水処理試験設備」を導入した
- 通常運転時と起動時のそれぞれの水質において配管材の腐食試験を実施し、溶存酸素濃度が高い等の理由により起動時の水質では腐食が生じやすいことを明らかにした
- 発がん性が疑われる水処理薬剤(ヒドラジン)の代替候補物質を対象に、広範な温度域における腐食影響を評価した



## ■ 配管材の腐食試験結果例



通常運転時の水質での試験結果



起動時の水質での試験結果

## 今後の展開

起動時等の水質変動下でも腐食を抑制できる最適なボイラ給水処理技術の検討を進める

## ボイラ伝熱面の腐食対策技術

ロビー展示にて  
詳細をご紹介します

## 想定される設備劣化

- バイオマスの燃焼により発生するNaCl等の溶融塩による腐食

## 1. クリーピーコート®の開発

## 取り組み状況

- 短期施工かつ安価な耐腐食コーティング（クリーピーコート®）を開発し、その効果を実機ボイラにおいて検証するとともに、7年の耐久性を確認した
- 既存の腐食対策である溶射皮膜の上から施工し、溶射皮膜の延命効果を検証した

実機ボイラにおける  
クリーピーコート®  
施工箇所

今後の展開 バイオマス等による溶融塩腐食対策に適した耐腐食コーティングの開発を進める

## 2. 腐食箇所を特定する非破壊検査技術の開発

## 取り組み状況

- ボイラ伝熱面に紫外線を照射することで得られる発光から、非接触で高速に広範囲の硫化腐食箇所を特定できる簡易な手法を開発した

## 今後の展開

検査結果の定量化やドローン  
への搭載など、実用化に  
向けた検討を行う

## バイオマス利用時の自然発熱監視・抑制技術

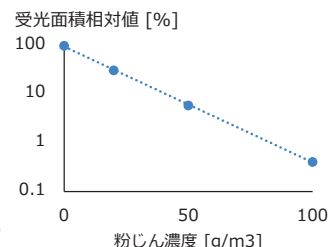
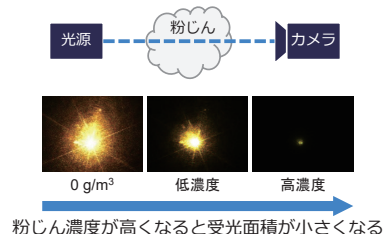
## 想定される設備劣化

- 貯蔵・運搬時の自然発火や粉じん爆発による設備の大規模損傷

## 取り組み状況と今後の展開

- 石炭の自然発熱現象の知見を活用し、水分吸着、発酵、低温酸化の過程に分けて、バイオマス燃料の自然発熱の現象解明を実施中
- 運搬時の粉じん濃度を適切に把握するため、粉じん爆発が生じ得る高濃度領域（～100 g/m<sup>3</sup>）に対応する濃度測定方法を開発した

- 当所開発の高濃度粉じん濃度測定方法および粉じん濃度と受光面積との関係



## 今後の展開

貯蔵時の発熱により発生する臭気やガス成分に着目した早期に発熱を検出可能な監視技術を開発し、発電所の貯蔵所の監視に適用する



## ②脱炭素燃料利用に対応する保守技術

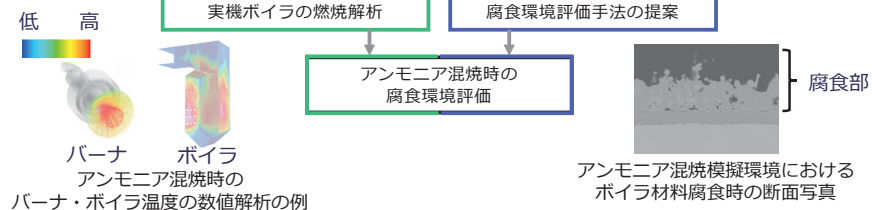
## アンモニア混焼時の腐食評価技術

## 想定される設備劣化

- アンモニア混焼によりボイラ内の腐食の発生位置や伸展速度に変化

## 取り組み状況と今後の展開

- 実機ボイラを対象に、アンモニアの熱分解特性を反映した燃焼数値解析技術を開発した
- 蓄積した腐食試験データに基づき腐食環境の評価手法を開発中



## 今後の展開

腐食環境の評価結果を踏まえたボイラの保守計画の合理化に向けた判断材料を提供する

## ②脱炭素燃料利用に対応する保守技術

## 水素利用ガスタービンの保守・管理技術

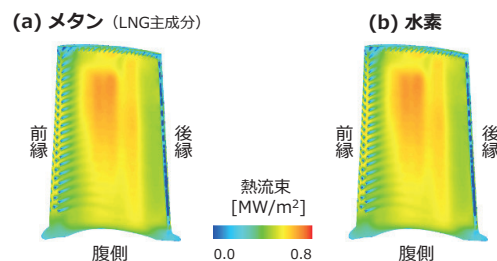
## 想定される設備劣化

- 水素燃焼に伴う燃焼ガス中水蒸気濃度の増加により材料が劣化

## 取り組み状況と今後の展開

- ガスタービン動翼の寿命推定に向けて、数値解析により30%vol.水素混焼時の動翼表面の熱流束分布を把握した
- 水素混焼時の燃焼ガスを模擬した雰囲気下の実験により、遮熱コーティングの劣化データを取得した

## ■ ガスタービン動翼熱流束分布の解析結果例



このレベルの混焼率では現状と大差なし

## 今後の展開

水蒸気への耐性が懸念されるコーティング材料の劣化等に対応するための技術開発を行う

## 今後の技術開発の方向性

火力発電の燃料は化石燃料から水素やアンモニア等の脱炭素燃料に変わっていくが、火力発電は今後も電力供給、系統安定維持の役割を果たすことが期待される

当面は変動性再エネの導入拡大が続くことを踏まえると、現状以上に厳しい条件下でも柔軟な運用ができる技術開発が不可欠。適切な設計がなされた機器の導入が必要になるとともに、より過酷な運用にも耐えうる保守技術の確立が重要となる

当所は、機器性能の維持、保守・管理の低コスト化、業務の合理化等、設備ユーザの視点をもって、本日紹介した技術をはじめとする保守技術開発に注力していく

### 今後取り組む必要があると考える技術課題

- ・ 長期保管技術など予備電源（バックアップ）への対応
- ・ 火力設備に付帯するCCUS設備の保守技術
- ・ 発電所現場における保守要員減少への対応、など

## まとめ

火力発電が直面する運用変化と脱炭素燃料利用への変化に対応するためには、それらが原因で生じる、従来とは異なる機器劣化に応じた保守・管理が必要になる

火力発電が持つ確実な供給力、変動性再エネの導入拡大時の調整力・予備力、電力系統安定への貢献等の価値を発揮し続けるために、火力発電設備は適切に維持されなければならない

併せて、今後想定されるより厳しい運用に対応しうる適切な設計がなされた機器の導入、火力発電の価値の理解促進に向けた分かりやすい情報発信、設備利用率が低下しても事業が継続できる仕組みも必要である

ご清聴ありがとうございました

 電力中央研究所  
Central Research Institute of Electric Power Industry