

日本エネルギーミックス大作戦

Japan Energy Mix Strategy

教育用エネルギー政策シミュレーションゲーム

アプリケーション技術資料

2025 年 12 月

目次

1 . アプリケーション概要

2 . 教育目標と学習成果

3 . ゲームモード詳細

4 . エネルギー源の設定

5 . ユーザーインターフェース

6 . シミュレーションエンジン

7 . クイズシステム

8 . 技術仕様

9 . 活用シナリオ

10. 参考文献・参考データ一覧（2025 版）

1. アプリケーション概要

1.1 コンセプト

「日本エネルギーミックス大作戦」は、エネルギー政策の複雑なトレードオフを体験的に学べる教育用 Web アプリケーションです。プレイヤーは日本のエネルギー大臣となり、6 種類の電源（火力・原子力・水力・太陽光・風力・地熱/バイオマス）の構成比率を調整しながら、CO_2排出量・コスト・安定性などの相反する目標のバランスを取ることを学びます。

本アプリケーションは、単純な二項対立（再生可能エネルギー＝善、化石燃料＝悪）を超えた多面的な理解を促進し、現実のエネルギー政策の難しさと重要性を実感させることを目的としています。

1.2 対象ユーザー

- 中学生・高校生（技術科・理科・総合的な学習の時間）
- 大学生（環境学・エネルギー政策入門）
- 一般市民（エネルギー問題への関心向上）
- 企業研修（SDGs・カーボンニュートラル教育）

1.3 問題提起

タイトル画面では、エネルギー政策が直面する 4 つの課題を提示し、学習者の問題意識を喚起します：

課題	説明
気候変動対策	CO_2排出量の削減が急務
安定供給	24 時間 365 日の電力供給が必要
経済性	家庭・企業が負担可能な電気料金
安全性	初期コスト・維持費・リスク管理

2. 教育目標と学習成果

2.1 学習の進行

本アプリケーションは段階的な学習設計により、エネルギー問題への理解を深化させます：

段階	学習内容	到達目標
導入期	各電源の基本特性を理解	再エネ＝万能ではないと気づく
発展期	トレードオフの存在を体験	CO_2削減とコストの両立の難しさを実感
応用期	多次元最適化に挑戦	7〜10 の評価軸を同時に考慮
専門期	現実の制約条件を理解	社会的受容性・廃棄物問題を考慮

2.2 習得できる概念

1. エネルギーミックス：複数の電源を組み合わせて弱点を補完する考え方
2. 設備利用率：太陽光（約 14%）vs 原子力（約 80%）の発電効率の違い
3. 間欠性問題：再生可能エネルギーの変動と電力系統への影響
4. 日本特有の制約：水力の限界（〜15%）、地熱の制約（温泉との競合）
5. 2050 年カーボンニュートラル：再エネ 50%+原子力+化石燃料削減の必要性

3. ゲームモード詳細

難易度と学習目標に応じた 5 つのゲームモードを用意しています。

モード	難易度	目安時間	評価軸数	特徴
ベーシック	☆	20 分	3 項目	入門向け
アドバンス	☆☆☆	30 分	7 項目	多面的評価
ストーリー(仮想)	☆☆☆☆	45 分	7 項目	3 つのルート
ストーリー(現実)	☆☆☆☆	45 分	7 項目	歴史的変遷
エキスパート	☆☆☆☆☆	60 分	10 項目	多様な視点

3.1 ベーシックモード

3 つのミッションで基本概念を学習します。評価軸は CO_2排出量・コスト・安定性の 3 項目に限定されており、エネルギー政策の基本的なトレードオフを理解するのに最適です。

ミッション例：「再エネオンリー」- 太陽光+風力を 50%以上、火力を 30%以下に設定

3.2 アドバンスモード

評価軸が 7 項目（CO_2・コスト・安定性・初期コスト・維持費・安全性・持続可能性）に拡大。より現実に近い多面的な判断を求められます。

3.3 ストーリーモード（仮想）

プレイヤーの選択に応じて 3 つのルートに分岐する物語形式：

- 環境重視ルート：CO_2削減を最優先
- 安定供給ルート：電力の安定性を最優先
- 持続可能性ルート：バランス重視

3.4 ストーリーモード（現実）

日本のエネルギー政策の歴史的変遷を追体験：

- 2025 年：現状のエネルギー構成を理解
- 2030 年：CO_2 46%削減目標への挑戦
- 2050 年：カーボンニュートラル達成

3.5 エキスパートモード（地球アイコンをクリックすると出現）

地球アイコンをクリックすることで解放される。廃棄物処理・設備利用率・社会的受容性の 3 項目が追加され、合計 10 の評価軸で判断を行います。

4. エネルギー源の設定

各エネルギー源には実際のデータに基づいたパラメータが設定されています。

電源	アイコン	CO_2係数	コスト	安定性	上限
火力		670	16.5 円	90	80%
原子力		15	12.0 円	95	30%
水力		25	11.0 円	85	15%
太陽光		50	10.5 円	40	50%
風力		15	13.5 円	50	30%
地熱等		40	16.5 円	90	10%

※CO_2係数：g-CO_2/kWh、コスト：円/kWh、安定性：100 点満点のスコア

4.1 上限設定の根拠

- 水力（15%）：日本の地形的制約により大規模ダム建設が困難
- 原子力（30%）：安全性・立地制約・社会的受容性の考慮
- 地熱（10%）：温泉地との競合、国立公園内の開発制限
- 太陽光（50%）：設備利用率の低さ（約 14%）と系統安定性の課題

5. ユーザーインターフェース

5.1 画面構成

メイン画面は 2 カラムレイアウトで構成されています：

エリア	内容
左カラム（上部）	電源カード：各エネルギー源の特性を星評価（1〜5）で表示。CO_2・コスト・安定性に加え、アドバンスモード以上では初期コスト・維持費・安全性・持続可能性も表示
左カラム（下部）	履歴テーブル：現在のミッションでの試行履歴を表示。ランク（S/A/B/C）とスコアを記録
右カラム（上部）	スライダー：6 つの電源の構成比率を調整。合計 100%を自動維持。各スライダーは電源の色でカラーコード（火力=赤、原子力=オレンジ、水力=青、太陽光=黄、風力=シアン、地熱=オレンジレッド）
右カラム（下部）	インジケーター：リアルタイムで目標達成状況を表示。良好=緑、警告=オレンジ、問題=赤のアニメーション付きアイコン

5.2 視覚的フィードバック

ユーザーの操作に対してリアルタイムで視覚的フィードバックを提供：

- スライダー変更時：トレードオフ表示が即座に更新され、各指標への影響を可視化

- 目標達成時：バウンスアニメーションでポジティブなフィードバック
- 問題発生時：パルスアニメーションで注意を喚起
- 上限超過時：警告ダイアログを表示し、制約の理由を解説

5.3 チュートリアルシステム

初回プレイ時は 7 ステップのチュートリアルが自動起動。各ステップでは対象要素がハイライトされ、操作方法と意味を解説します。チュートリアルボックスはドラッグ可能で、コンテンツを遮らないよう配慮されています。

6. シミュレーションエンジン

6.1 計算ロジック

シミュレーションエンジンは実際の日本のエネルギーデータに基づいた計算を行います：

CO_2排出量の計算

各電源の構成比率に CO_2係数を乗じた加重平均を算出し、基準値（2013 年度）との比率をパーセント表示します。係数は実測値に基づき、火力 670g、原子力 15g、水力 25g、太陽光 50g、風力 15g、地熱 40g（g-CO_2/kWh）を使用。

コストの計算

各電源の構成比率に発電コストを乗じた加重平均を円/kWh で算出。火力 16.5 円、原子力 12.0 円、水力 11.0 円、太陽光 10.5 円、風力 13.5 円、地熱 16.5 円を基準値として使用。

安定性の計算

基本安定性スコア（加重平均）に加え、変動電源（太陽光+風力）が 40%を超えると系統安定性ペナルティを適用。これは再生可能エネルギーの間欠性による現実の課題を反映しています。

6.2 制約条件

現実のエネルギー政策における制約を以下の形で実装：

- 各電源に最大構成比率を設定（物理的・社会的制約を反映）
- 合計 100%の自動維持（他のスライダーを自動調整）
- 上限超過時は警告表示と理由説明

7. クイズシステム

7.1 出題形式

各ミッション・チャプター完了後に 2 問の 4 択クイズを出題。単なる暗記ではなく、シミュレーションで体験したトレードオフの理解度を確認する問題設計となっています。

7.2 フィードバック

- 正解時：正解理由の解説を表示
- 不正解時：正解と詳細な解説を表示
- 完了時：正答率をパーセント表示
- スキップ機能：確認ダイアログ付き

8. 技術仕様

8.1 技術スタック

項目	内容
フロントエンド	HTML5, CSS3, Vanilla JavaScript
外部ライブラリ	html2canvas（画像エクスポート）、jsPDF（PDF 生成）
デプロイ	静的ファイルのみ（サーバー不要）
対応ブラウザ	Chrome, Firefox, Safari, Edge（最新版）
レスポンシブ	デスクトップ、タブレット、モバイル対応

8.2 エクスポート機能

結果画面から JPEG/PDF 形式でエクスポート可能。エネルギー構成比率、全評価指標、ユーザーコメントを含む形式で出力され、教室でのシェアや宿題提出に活用できます。

9. 活用シナリオ

9.1 授業での活用例

教科	単元	活用方法
技術	エネルギー変換	各電源の特性理解、エネルギーミックスの概念学習
理科	環境問題	CO_2排出と気候変動の関係、再エネの可能性と限界
社会	公民・経済	エネルギー政策と国民生活、コストと環境のトレードオフ
総合	探究学習	「理想のエネルギーミックスを考える」探究課題

9.2 推奨授業フロー（50 分授業）

1. 導入（5 分）：エネルギー問題の概要説明、4 つの課題提示
2. 個人ワーク（20 分）：ベーシックモードで 3 ミッションに挑戦
3. グループ討議（15 分）：「なぜ 100 点が取れないのか」を議論
4. まとめ（10 分）：エネルギーミックスの重要性、現実の政策への示唆

10. 参考文献・参考データ一覧（2025 版）

以下は全て、日本政府・国際機関・大手研究所など、信頼できる一次データです。

---

1. 日本の現状（2025 年相当）エネルギーミックスの参考

1-1. 経済産業省 資源エネルギー庁

「エネルギー白書 2023・2024」

https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/

→ 2021〜2023 年度の日本の電源構成（火力・再エネ・原子力）を参照

→ 火力比率が約 70%前後、再エネ 22%前後であることを確認

1-2. OCCTO（電力広域的運営推進機関）

「電力供給計画・電源構成データ」

https://www.occto.or.jp/

→ 最新の電力供給状況のデータ

→ 再エネ・火力・原子力の割合、設備出力などを参照

---

2. 2030 年のエネルギーミックス目標

2-1. 経済産業省

「第 6 次エネルギー基本計画（2021）」

https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/

“2030 年度の電源構成（エネルギーミックス）”

- 再エネ 36–38%
- 火力 41%
- 原子力 20–22%
- 水力 10%
- 太陽光 14–16%
- 風力 5%
- バイオマス 5%

  → Ch2（2030 年ステージ）の目標設定の根拠として使用

---

3. 2050 年カーボンニュートラルの情報

3-1. 環境省

「地球温暖化対策計画」

https://www.env.go.jp/

→ 2050 年カーボンニュートラルの基本的考え方

→ CCS（火力の CO_2回収）・水素発電などの方向性の確認

3-2. 経済産業省

「カーボンニュートラルに向けた電源構成の検討資料」

→ 脱炭素シナリオでの再エネ 50〜60% 以上の必要性を説明

→ Ch3（2050 ステージ）の再エネ 60%以上 の根拠

---

4. CO_2排出係数の参考資料

4-1. 環境省

「温室効果ガス排出係数一覧（令和 5 年度版）」

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/

- LNG 火力：約 0.45–0.5 kg/kWh
- 石炭火力：約 0.8–0.9 kg/kWh

  → 火力系を平均化して「約 0.7〜0.8」と設定

4-2. IEA（国際エネルギー機関）

「CO2 Emissions from Fuel Combustion」

https://www.iea.org/

- 国際基準の発電方式別 CO_2係数

- 原子力・水力・風力・太陽光のライフサイクル排出量（LCA）

→ 太陽光 35–55 g/kWh
→ 風力 10–20 g/kWh
→ 原子力 10–20 g/kWh
→ 水力 5–15 g/kWh

---

5. 発電コスト（円/kWh）
5-1. 経済産業省
「発電コスト検証ワーキンググループ報告書（2021）」
https://www.meti.go.jp/
→ 2030 年想定の標準発電コスト

- 太陽光：8〜12 円
- 風力：9〜12 円
- 火力：10〜14 円
- 原子力：10〜12 円
  → シミュレーターのコスト数値のベース

---

6. 系統安定性（variability）・設備利用率の情報
6-1. 資源エネルギー庁
「再エネ大量導入時の課題と対策」
→ 変動電源（太陽光・風力）増加に伴う出力変動の課題
→ 「再エネ比率が 40%を超えると安定性に影響」などの根拠
6-2. IEA
「Grid Integration of Variable Renewables」
→ 安定性評価の一般的な指標を確認
→ 太陽光・風力の安定性スコアを低めに設定した根拠

---

7. 発電方式の特徴・メリット・デメリット
7-1. 中学校技術科教科書
（東京書籍・開隆堂・教育出版 など）

- 発電方式の特徴
- エネルギー変換効率
- それぞれのメリット・デメリット
  → 「生徒向け説明」としての正当性を担保

7-2. 電気事業連合会 電気の情報サイト
https://www.fepc.or.jp
→ 発電方式の仕組み・メリット・デメリットの説明に使用

---

8. 国際比較（脱炭素・エネルギーミックス）
8-1. ドイツ BMWK（経済気候省）
→ Energiewende の進行状況
→ 再エネ 50%超だが安定性の課題あり
8-2. デンマーク エネルギー庁
→ 風力比率約 50%
→ 系統安定化策（周波数制御）
これらは *2050 年モード*における「再エネ偏重のリスク」説明の根拠に使用

---

9. 自治体の先進事例（日本）
9-1. 北海道 電力需給レポート
→ 風力発電比率が高いが、出力抑制が必要になるケースがある
9-2. 九州電力「出力制御」
→ 太陽光の大量導入で出力制御が発生
→ 再エネ偏重の注意喚起として使用

📝 参考文献として提出するための推奨形式
【最小セット（授業・レポート用）】

- 資源エネルギー庁『エネルギー白書 2023』
- 経済産業省『第 6 次エネルギー基本計画』
- 環境省『温室効果ガス排出係数一覧』
- 経済産業省『発電コスト検証ワーキンググループ報告書』
- IEA『CO2 Emissions from Fuel Combustion』
- OCCTO（電力広域的運営推進機関）データ
- 中学校技術科教科書（東京書籍・開隆堂・教育出版）

【拡張セット（研修・研究発表用）】

- IEA『Grid Integration of Variable Renewables』
- 九州電力 出力制御データ
- 北海道エネルギー需給レポート
- 各国政府データ（ドイツ BMWK、デンマークエネルギー庁）

📌 補足

すべての情報は「2023〜2025 年に公開されたデータ」から選んでいます。
授業・研究発表で引用しても問題ない信頼性のある一次情報です。

— 以上 —

本資料に関するお問い合わせは開発者までご連絡ください