ごみ処理広域化・集約化に関する動向と最適化の事例研究

2025 Feb. 3

平井康宏（京都大学）

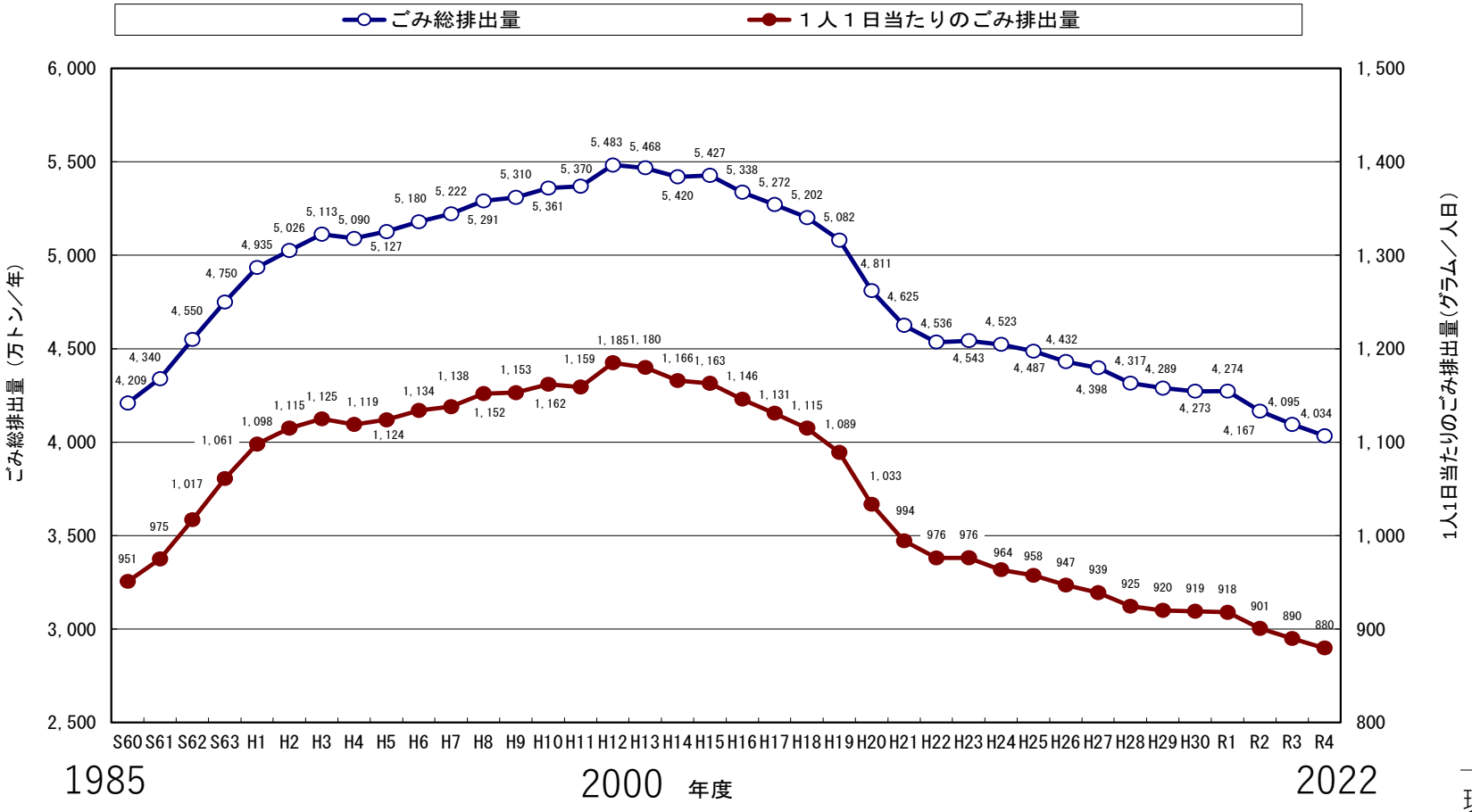
広域化・集約化の動向

広域化・集約化に関する通知

- 2019年3月「持続可能な適正処理の確保に向けたごみ処理の広域化及びごみ処理施設の集約化について（通知）」
- 2024年3月「中長期における持続可能な適正処理の確保に向けたごみ処理の広域化及びごみ処理施設の集約化について（通知）」

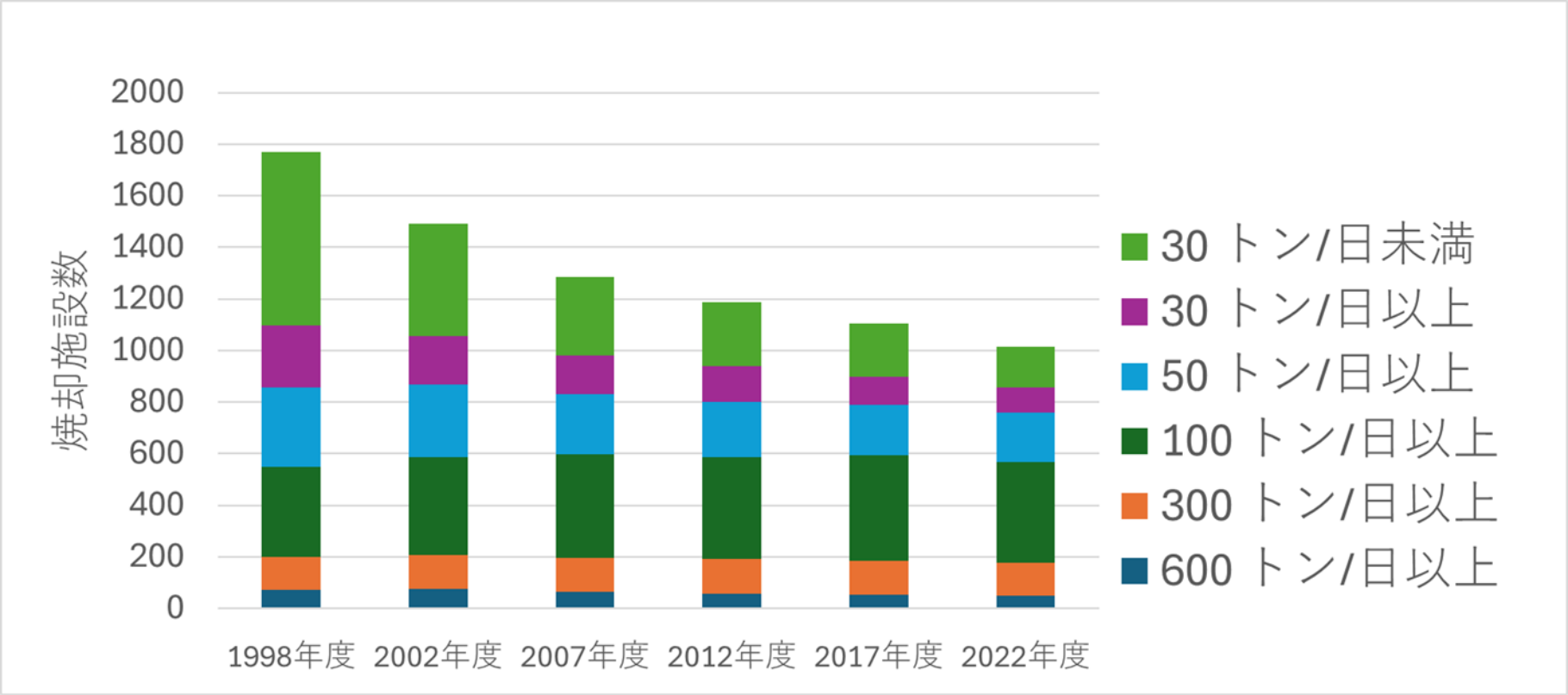
項目	2019年通知	2024年通知
計画策定期限	2021年度末	2027年度末
計画期間	原則として10年間	2050年度まで （20年間以上）
備考		2050年度までの施設数の変遷を記載

ごみ総排出量・1人１日あたり排出量の推移



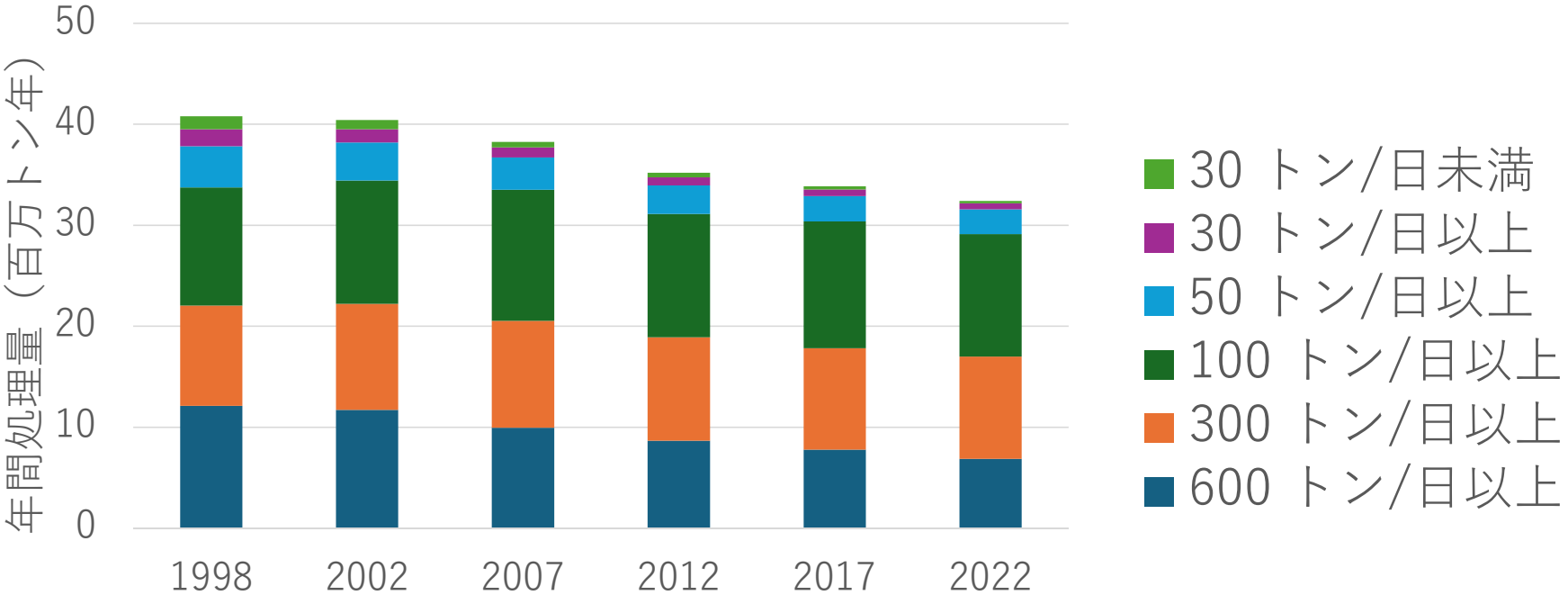
環境省(2024)「日本の廃棄物」

ごみ焼却施設数の処理能力別推移



環境省　一般廃棄物処理実態調査より

ごみ焼却処理量の処理能力別推移

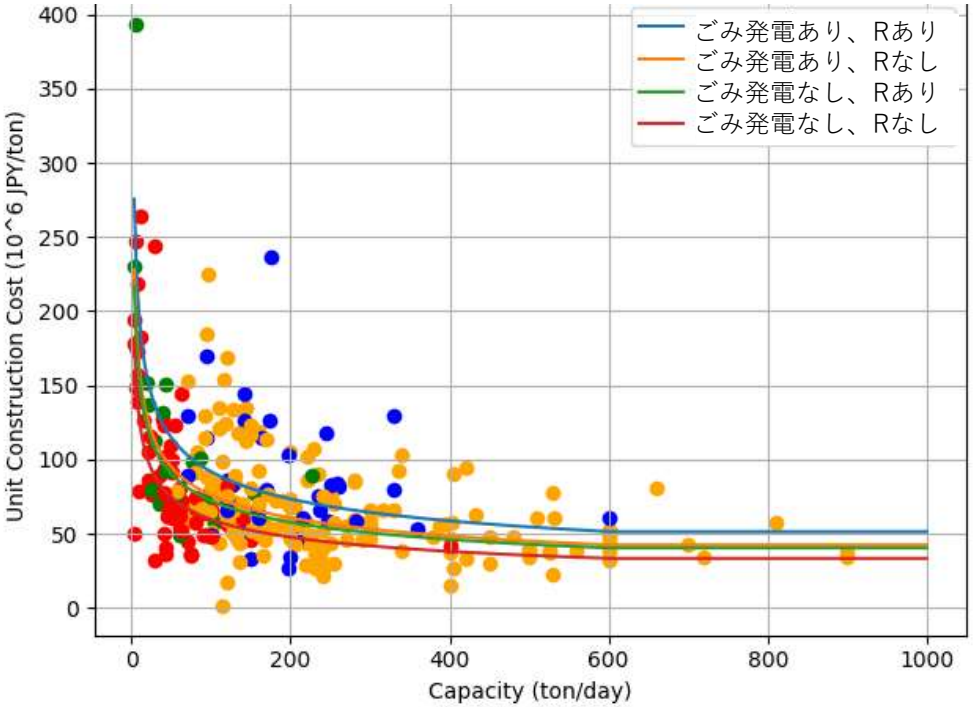


環境省　一般廃棄物処理実態調査より

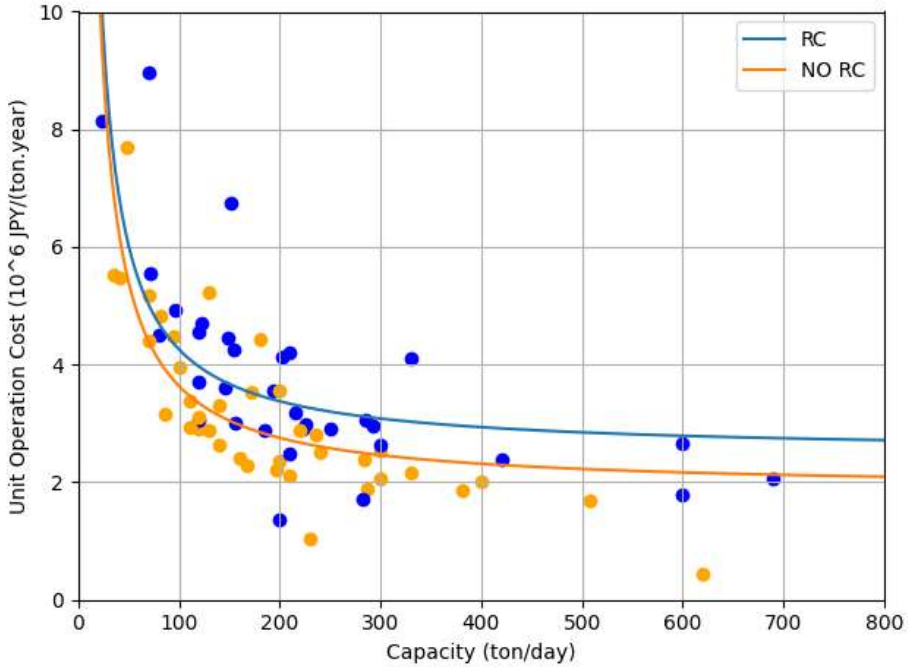
広域化・集約化によるスケールメリット
＜建設費用＞　　＜運転費用＞

処理能力あたり建設費用

R：リサイクル施設



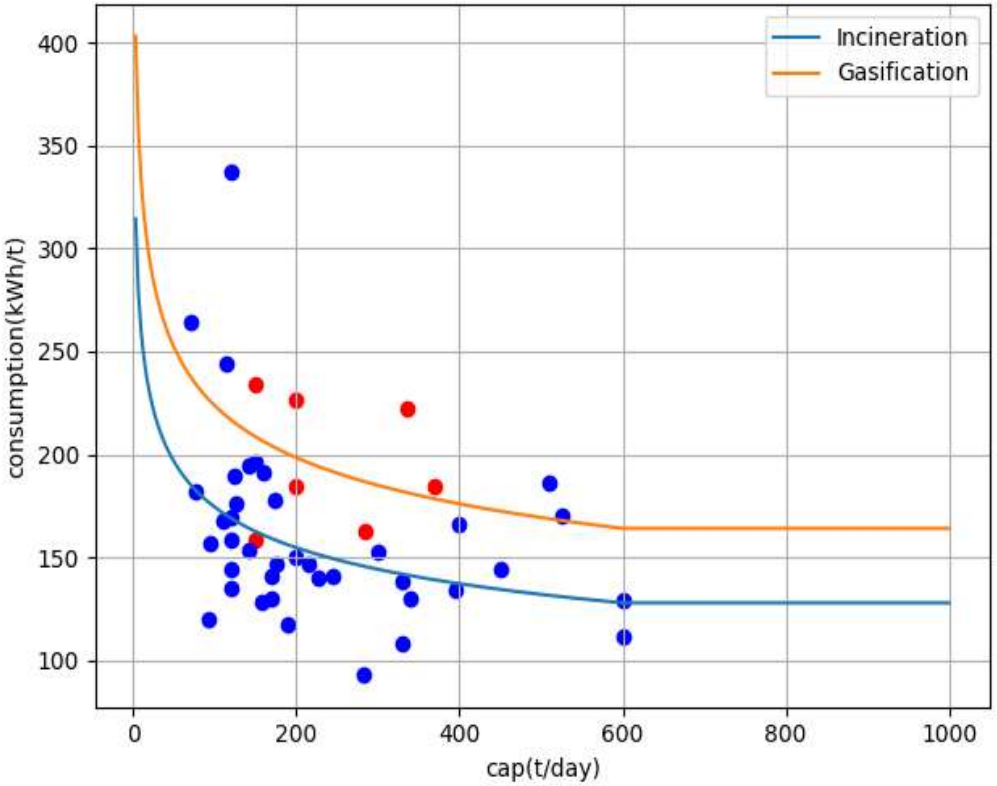
処理能力あたり年間運転費用



広域化・集約化によるスケールメリット

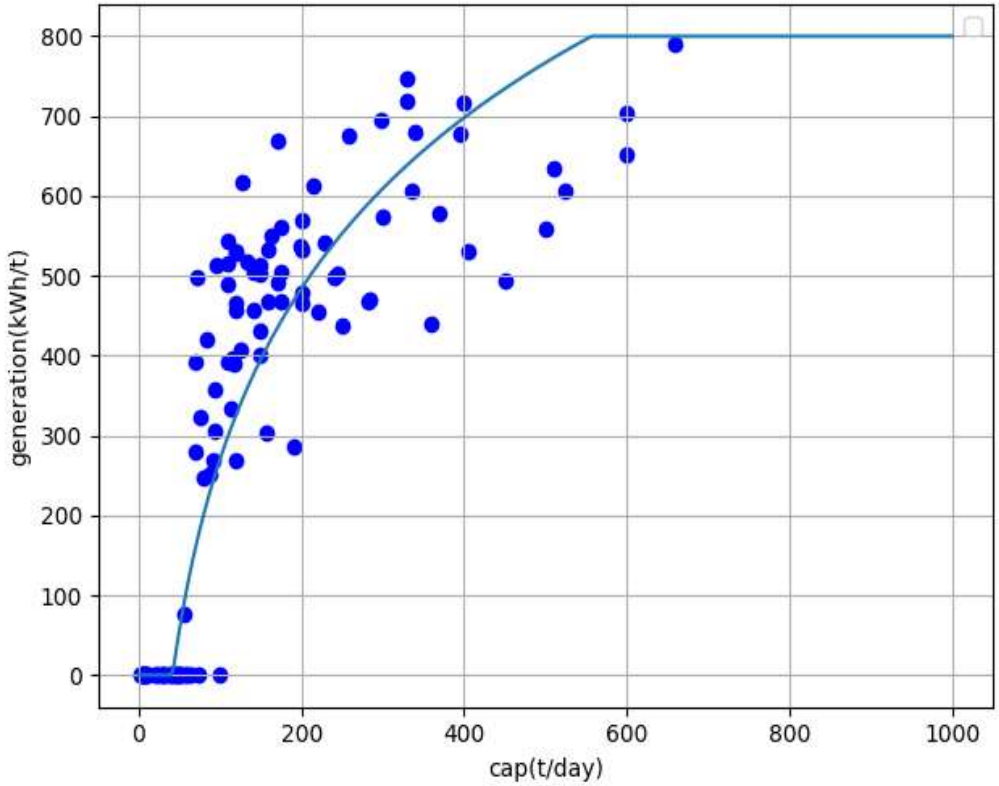
＜消費電力＞

〈焼却施設消費電力原単位実績値と予測値のプロット〉



＜ごみ発電量＞

〈焼却施設発電原単位実績値と予測値のプロット〉



広域化・集約化が進まない理由の例

1. 広域化・集約化を行うメリットが少ないと判断
2. 市町村間の調整が困難
3. 住民との調整が困難

広域化・集約化が進まなかった事例及び検討段階で市町村の離脱があった事例（計12件）を対象としたヒアリングを基に整理

出典：環境省（2020）「広域化・集約化に係る手引き」

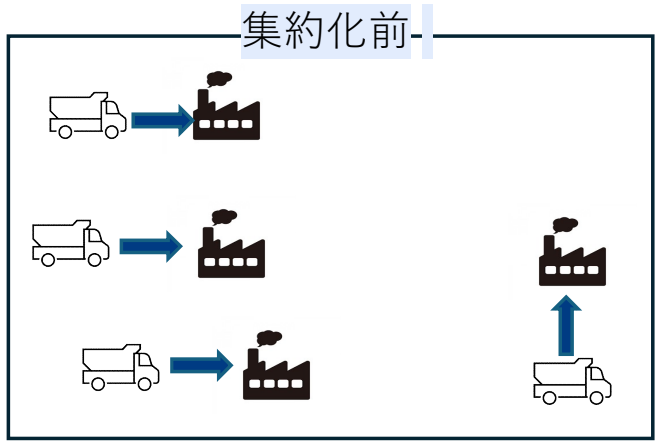
1．広域化・集約化を行うメリットが少ないと判断

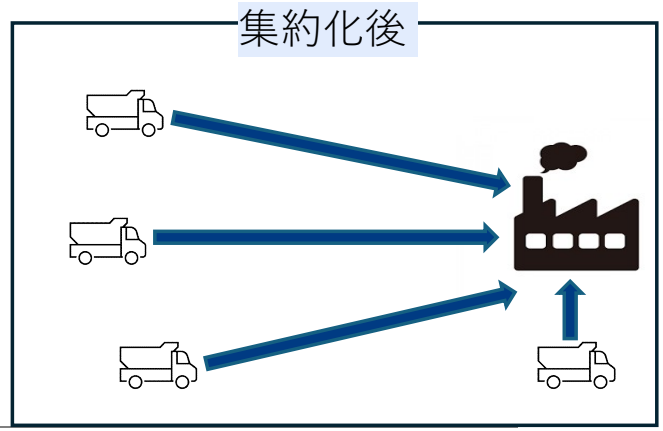
コスト面でメリットが少ない（広域ごみ処理施設整備のための用地購入に伴う施設整備費の増加、収集運搬距離の増加に伴う収集運搬費の増加等）

広域化・集約化を実施するインセンティブが低い（長寿命化や災害に強いごみ処理施設の整備に対しても循環型社会形成推進交付金が交付される）

施設集約に伴い、災害時に当該施設の稼働が停止した場合にごみ処理事業の継続が困難となる

広域化・集約化の対象となる地域の面積が大きい場合、広域化・集約化時のごみの収集運搬が困難となることがある

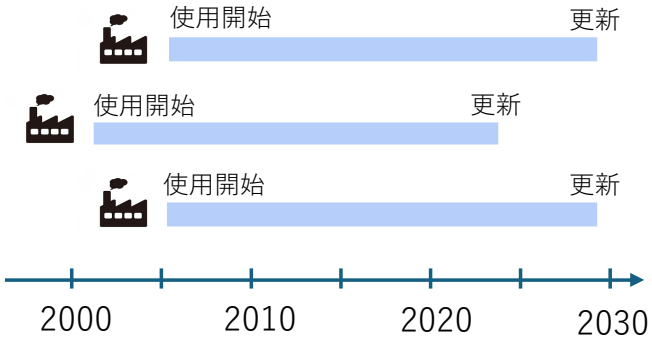




出典：環境省（2020）「広域化・集約化に係る手引き」

2．市町村間の調整が困難

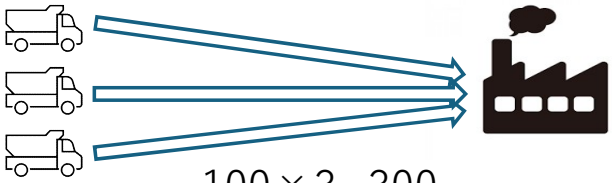
- ごみ処理施設の整備時期の調整が困難（特に集約化する施設間で使用開始時期が異なる場合）
- ごみ処理方法の調整が困難（特に現状のごみ処理方法が市町村により異なる場合）
- 市町村の首長の交代による廃棄物政策の転換
- 市町村合併による廃棄物政策の転換
- 施設建設候補地の調整が困難
- 費用分担の調整が困難
- 分別区分の調整が困難
- ごみ収集日の調整が困難

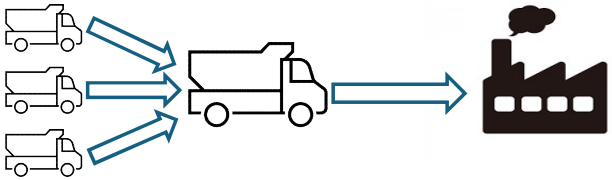


出典：環境省（2020）「広域化・集約化に係る手引き」

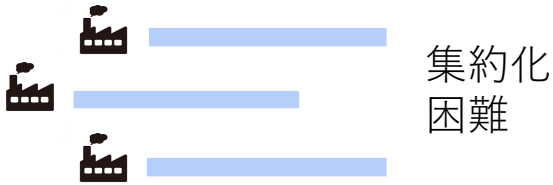
広域化・集約化を阻む要因への対応策

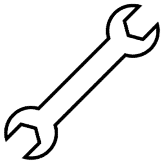
収集運搬費の増加 → **ごみ中継施設**の導入 → 収集運搬費の削減

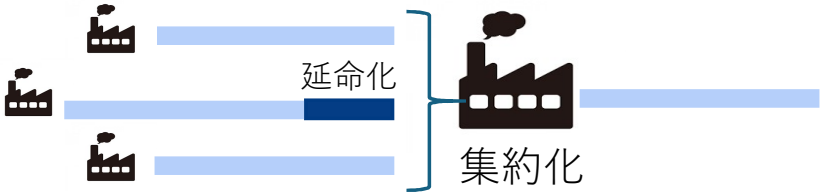




更新時期の違い → **基幹改良**による延命化 → 更新時期の違いを吸収







ごみ圧縮装置写真出典：新明和工業

最適化の事例研究

事例研究

1. 静的最適化
   - 対象期間：2050年（単年のみ）
   - 対象地域：47都道府県
   - 中継施設を考慮

2. 動的最適化
   - 対象期間：2025年から2050年までの26年間（多期間）
   - 対象地域：京都府
   - 中継施設と基幹改良を考慮

1．静的最適化

- 最適化問題としての定式化
  - 目的関数
  - 制約条件

- ケーススタディの実施
  - 各種パラメータの設定
    - ごみ発生地点、地点別ごみ発生量
    - 中継施設候補地、処理施設候補地
    - 地点間の距離
    - 建設費用関数、運転費用関数
  - 最適化計算の実行
    - Gurobi 12
  - 結果
    - 京都府
    - 47都道府県

目的関数：コスト

処理施設関係費用　＋　収集運搬費用　－　残存資産価値

$$\min \sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{K} cB[t,k] + cO[t,k] + cD[t,k] + \sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{I} \alpha \cdot L[i,k] \cdot F[t,i,k] - \sum_{k=1}^{K} V(T,k)$$

建設費　運転費　解体費　輸送単価　輸送距離　輸送量

※：動的最適化での目的関数を簡略表示している（中継施設・基幹改良の費用を省略）
静的最適化では t 方向の Σ がなくなり、建設費・解体費は1年あたりの平均費用となる。
また、残存資産価値も考慮しない。

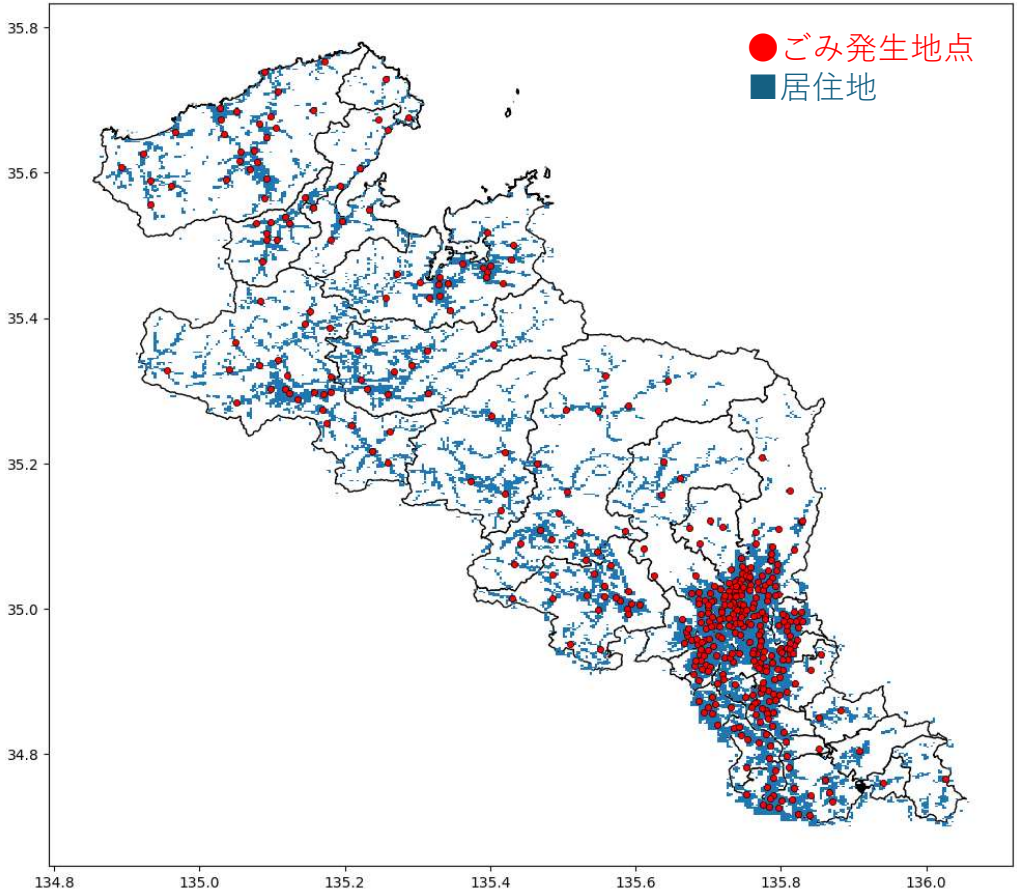
制約条件

黒字：１期間での最適化と共通
赤字：複数期間での最適化で使用
青太字：本研究で新たに導入

1. ある地域iで発生したごみは、必ずどこかの施設kで処理される。
2. 施設の処理量は、その施設の処理能力以下である。
3. 施設の処理能力は、前年の処理能力に、建設量・解体量を加除した値。
4. **施設建設は更地（前年の処理能力ゼロ）にしかできない。**
5. **前年に施設がなければ、その施設を解体できない。**
6. **施設の建設には、4年（解体とあわせて5年）を必要とする。**
7. 施設は建設後、25年以内に解体される。
8. **施設の残存価値は、定額法で毎年減少する。**
   ただし、解体したらゼロ、新規建設したら建設コストと等しくなる。
9. その他：連続変数と0-1変数との対応関係に関する制約式、
   既存施設の期首における処理能力や残存耐用年数の初期値の設定、
   非線形関数の区分線形近似に関する制約式、**中継施設・基幹改良に関する制約**など

ごみ発生地点の設定（京都府）：
小学校区（2013年時点で開校していた421校）

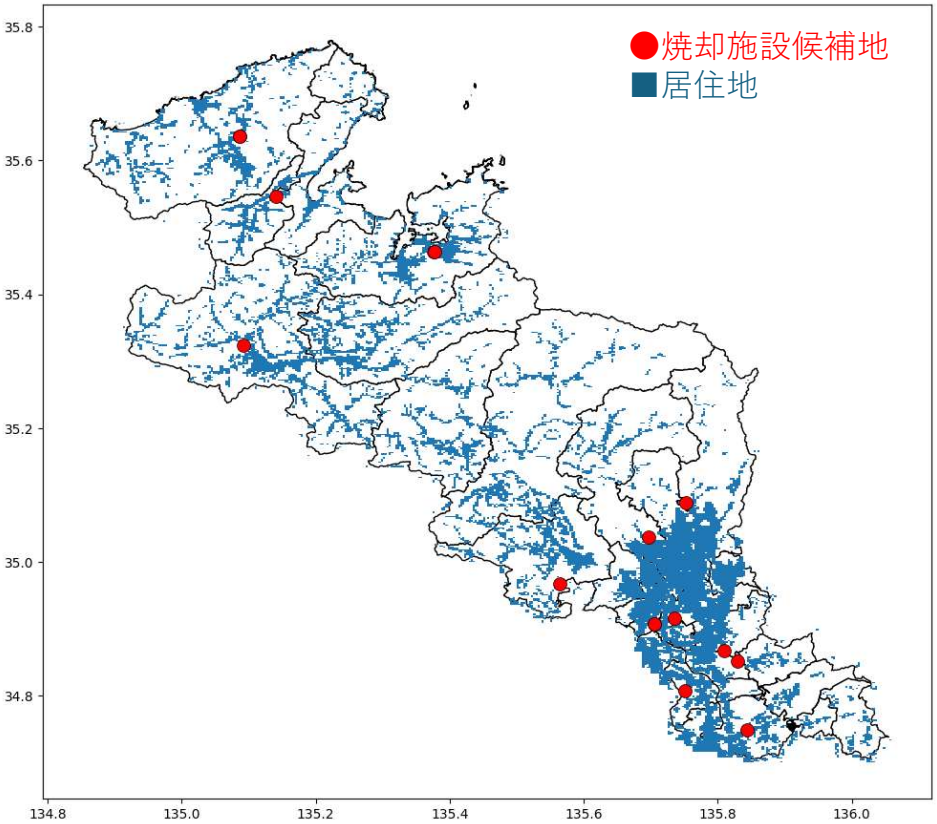
〈ごみ発生地点〉



出典：「国土数値情報ダウンロードサイト」、「総務省統計局」のデータを基に作成

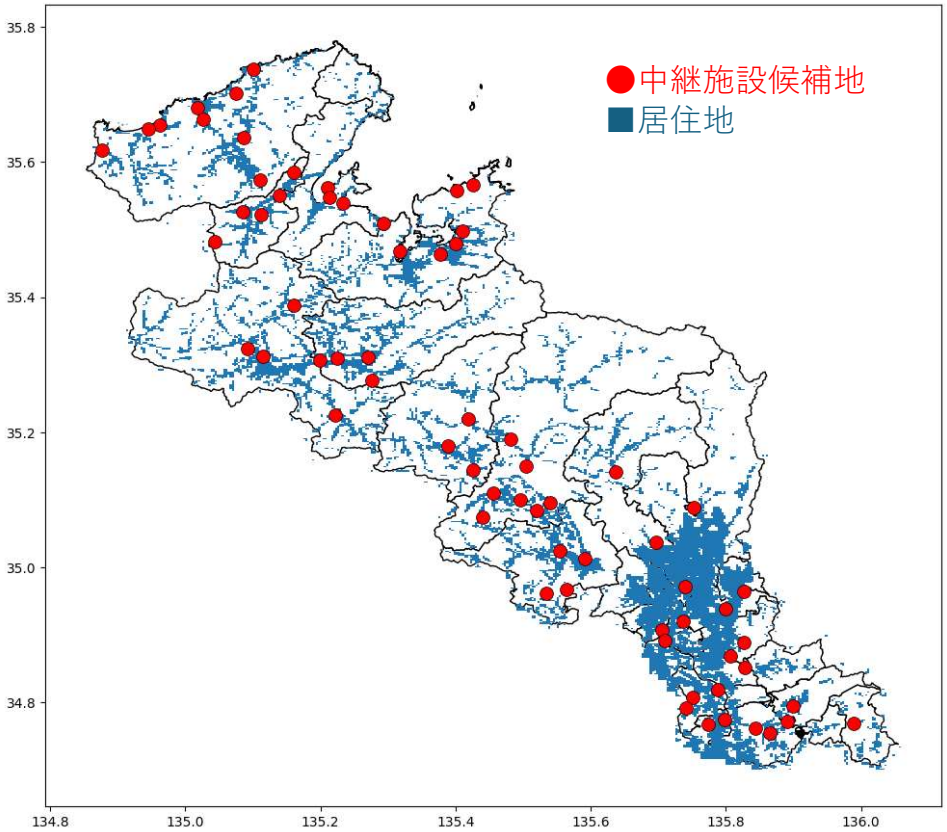
ごみ焼却施設・中継施設の候補地の設定（京都府）

〈ごみ焼却施設の候補地16施設13地点〉



※2021年度に京都府内で稼働中の16施設・13地点
出典：「国土数値情報ダウンロードサイト」、「総務省統計局」を基に作成
京都府以外の都道府県では2012年時点の情報を使用。

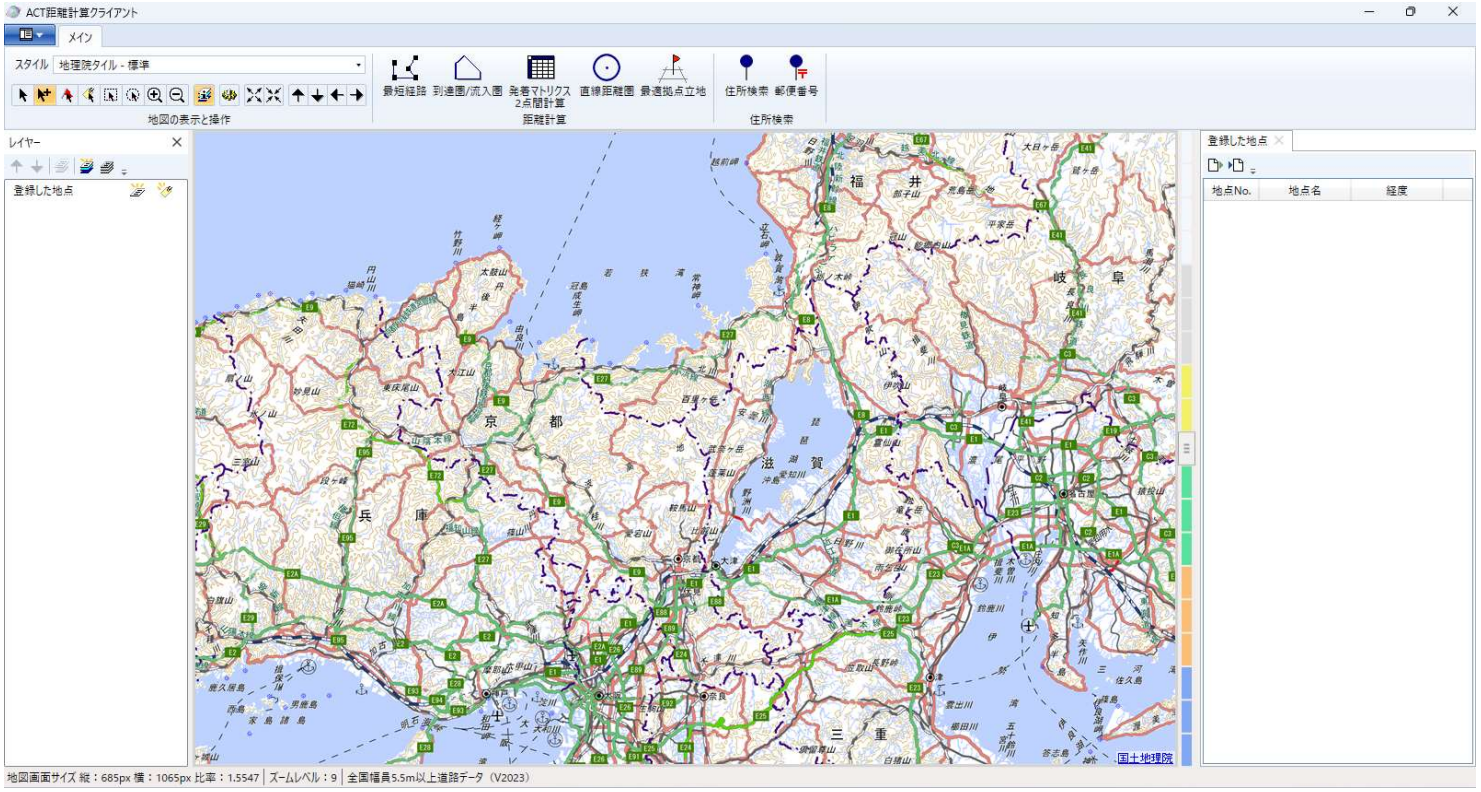
〈中継施設の候補地68地点〉



※計算時間の制約上K-means法によって本来の144施設から68施設に集約
出典：「国土数値情報ダウンロードサイト」、「総務省統計局」を基に作成
2012年7月時点に存在した廃棄物処理施設及び下水道処理施設

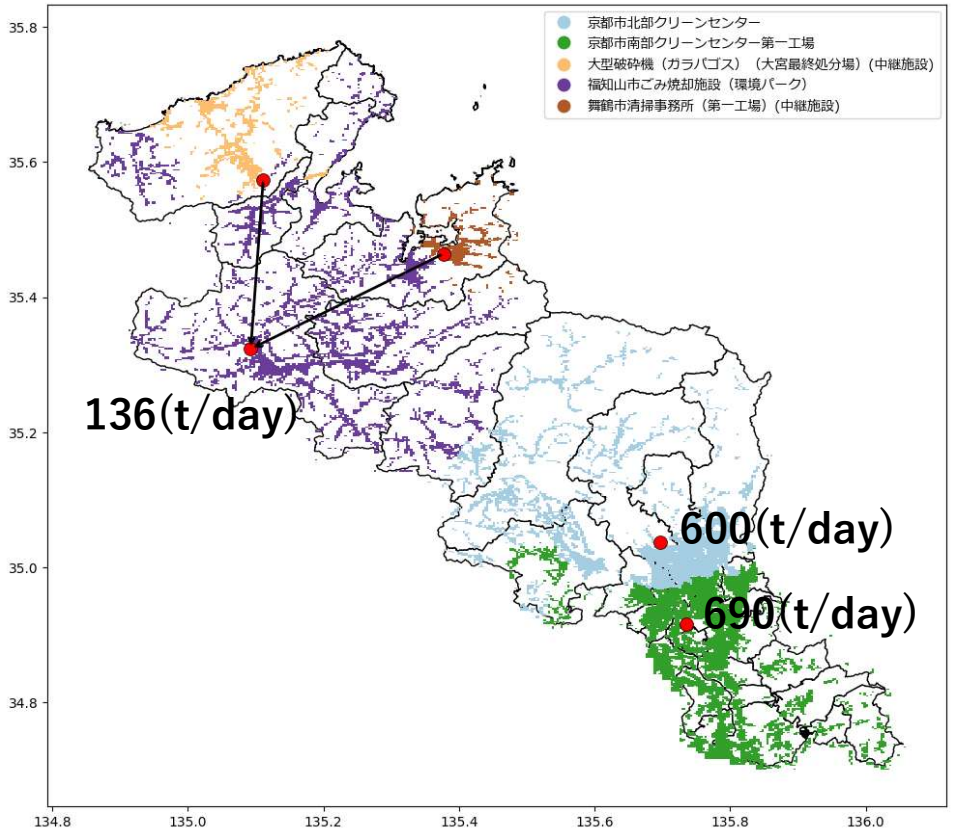
各地点間の距離は、幅員5.5m以上・高速道路使用有の最短距離を条件としてACT距離計算クライアントで求めた

〈ACT距離計算クライアント計算画面〉

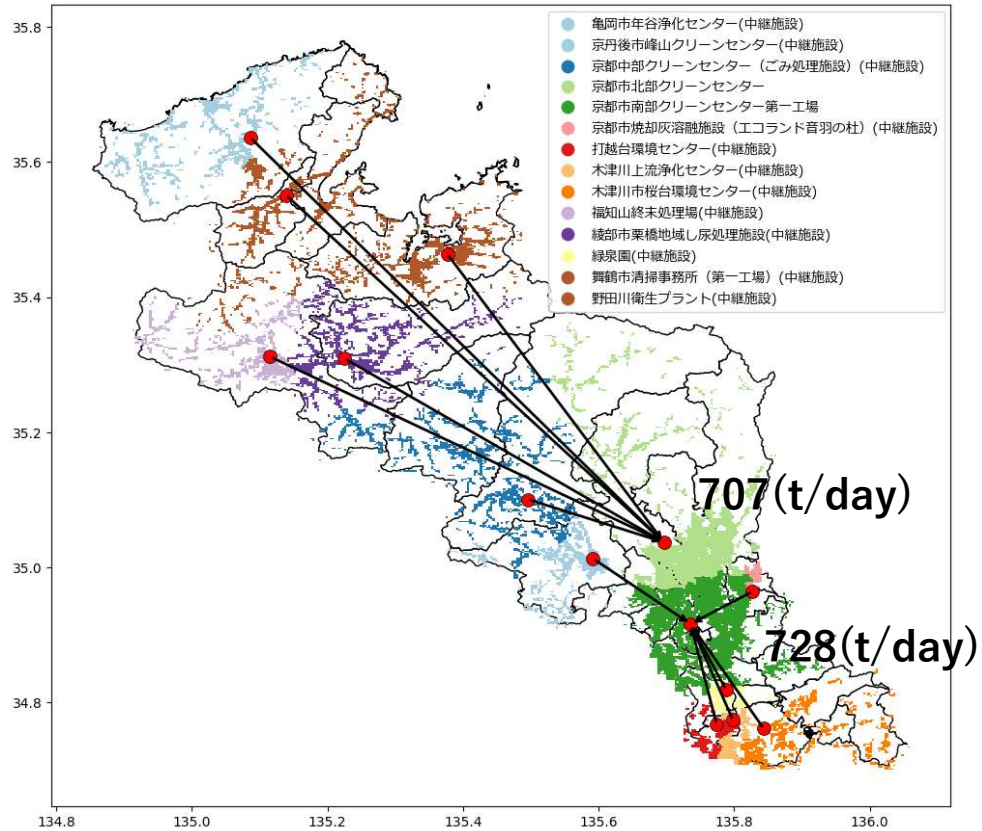


【結果】京都府：
コスト最適化の場合、中継施設2施設、焼却施設3施設が配置され、
エネルギー最適化の場合、中継施設12施設、焼却施設2施設が配置された

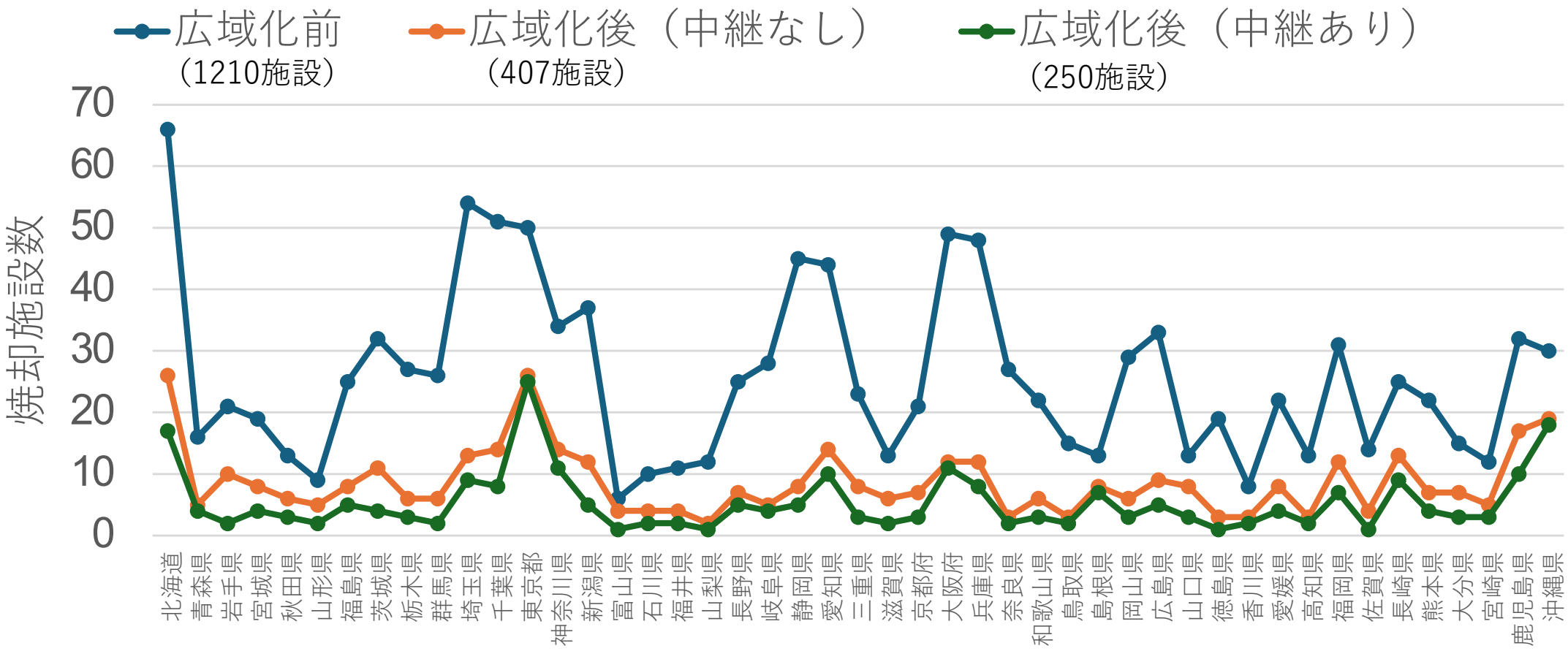
〈コスト最適な中継施設、焼却施設の位置〉



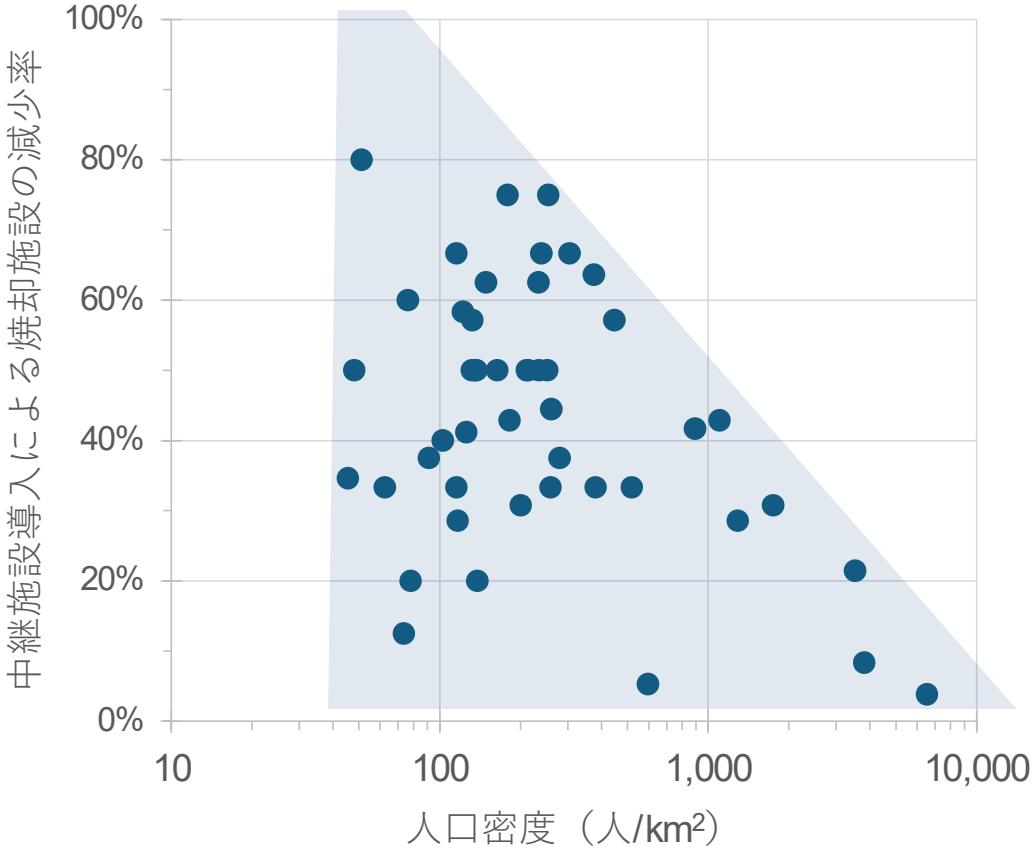
〈エネルギー最適な中継施設、焼却施設の位置〉



都道府県別のコスト最適化での焼却処理施設数の推定結果（2050年）



人口密度と中継施設の導入効果の関係



■人口密度：高
　⇒中継施設効果：小

■人口密度：低
　⇒中継施設効果：大～小

中継施設導入による焼却施設の減少率
＝(A－B) / A
A: 中継施設なしの場合の焼却処理施設数
B: 中継施設ありの場合の焼却処理施設数

事例研究

1. 静的最適化
   - 対象期間：2050年（単年）
   - 対象地域：47都道府県
   - 中継施設を考慮

2. 動的最適化
   - 対象期間：2025年から2050年までの26年間（多期間）
   - 対象地域：京都府
   - 中継施設と基幹改良を考慮

ブロック区割りの設定

本研究でのブロック

■丹後・中丹ブロック

■南丹・京都市ブロック

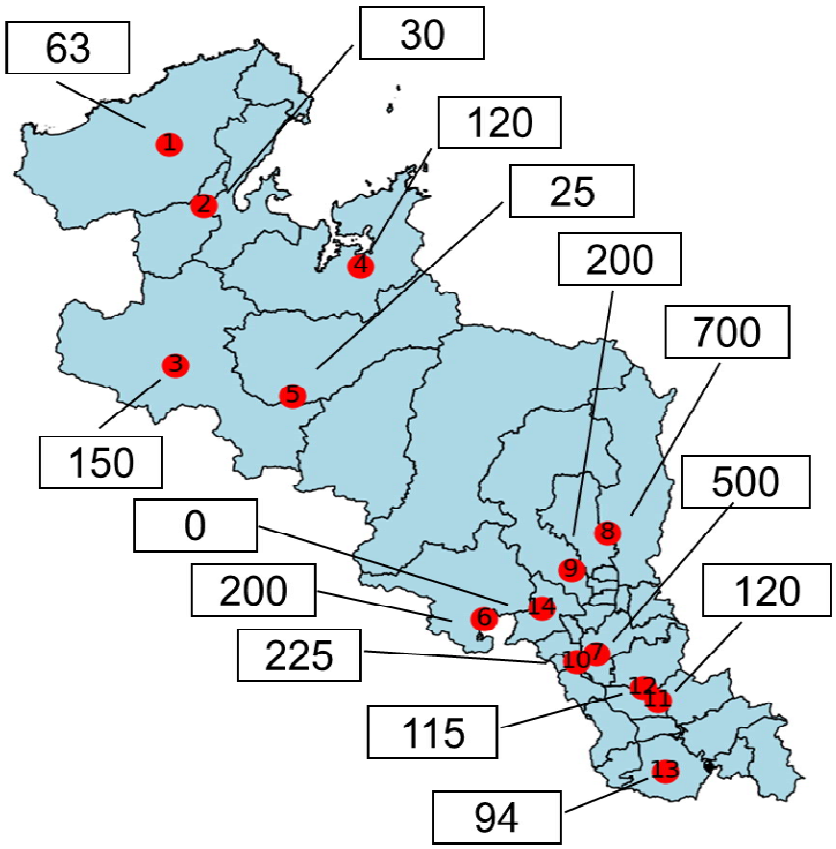
■山城ブロック

※南丹ブロックと京都市ブロックを統合した

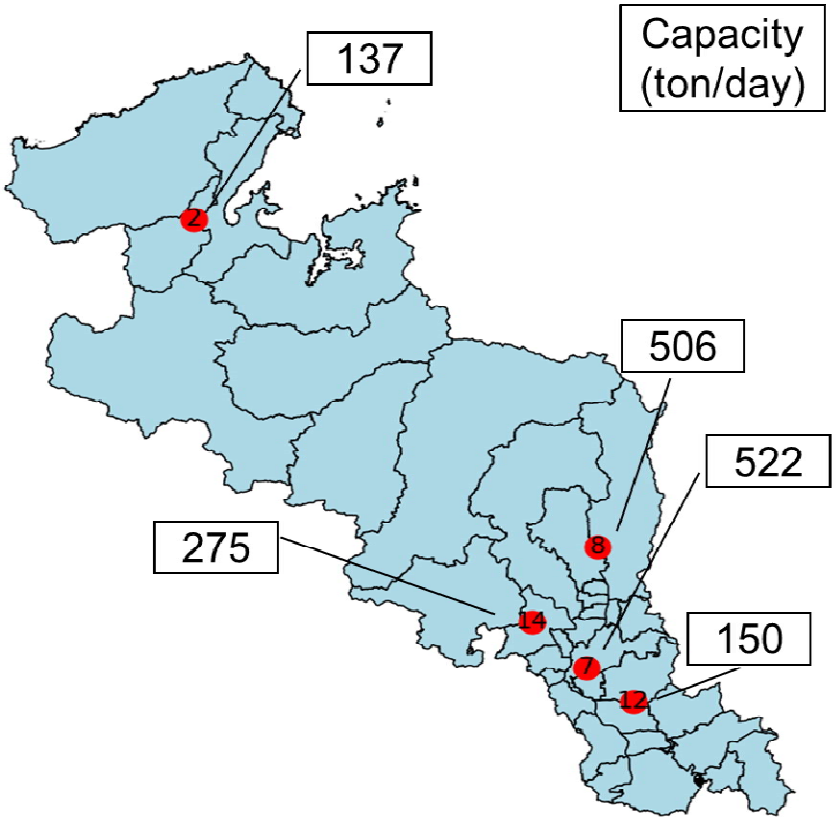
３ブロック別に最適化した結果を初期解として、京都府全体を一括して最適化する計算を実施。24時間計算した時点での最良解を採用。

動的最適化での焼却施設の配置と処理能力（ton/日）

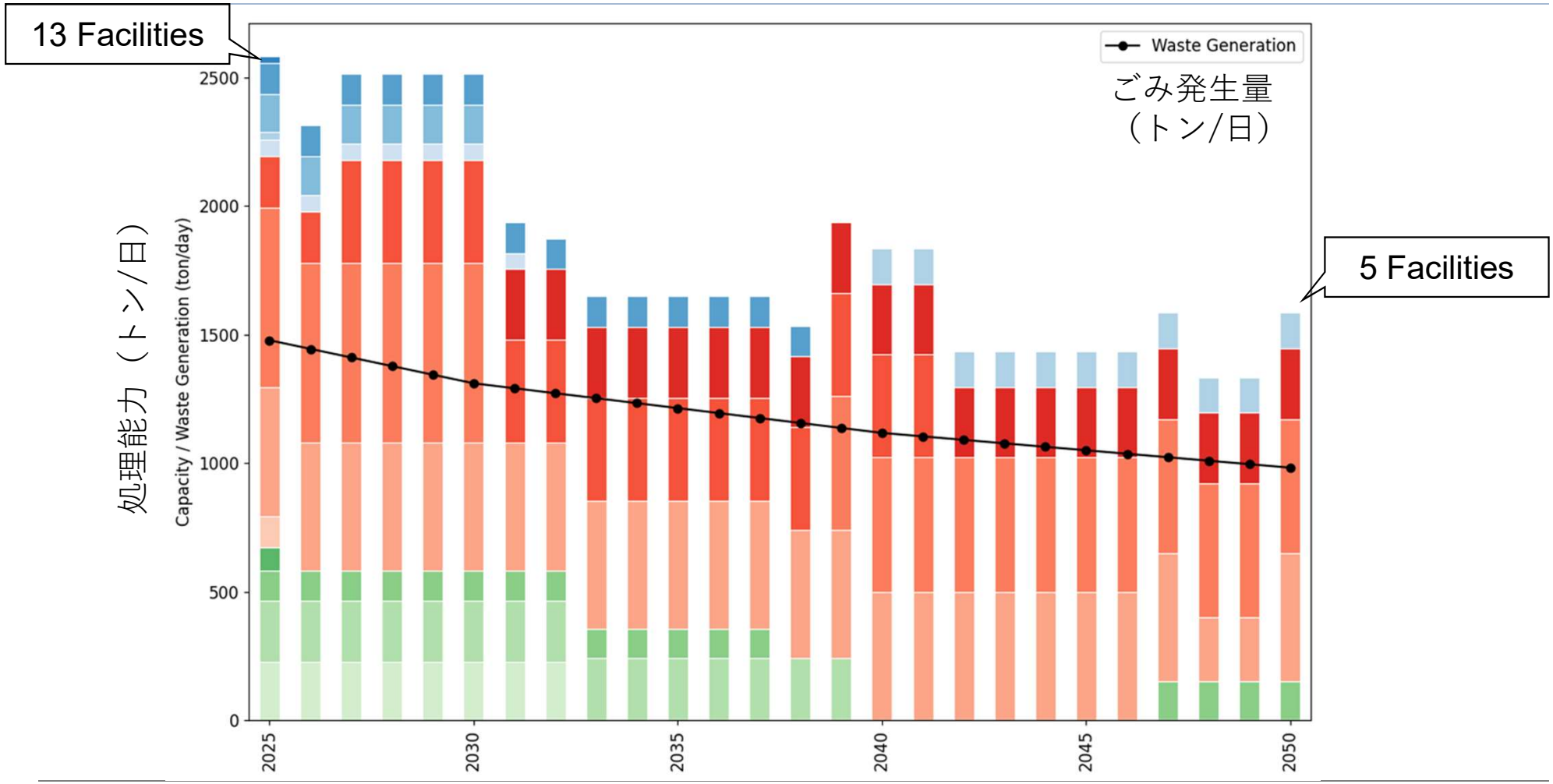
2025年　14施設（稼働13施設）



2050年　5施設



焼却施設能力・施設数の推移



3 ブロック別最適化 vs 全体最適化（ブロック間融通あり）

費用内訳（億円）

	輸送	中継建設	中継運営	焼却建設	焼却運営	基幹改良	焼却解体	焼却残存価値	目的関数値
ブロック別	1,418	140	22	786	1,083	109	46	376	3,227
全体一括	1,421	147	23	699	1,019	109	47	388	3,078

2050年末時点の焼却処理施設数
　ブロック別：６施設
　全体一括　：５施設

広域化ブロック別に最適化した場合よりも
全体を一括で最適化した場合の方が、
累積で150億円（約5%）のコスト削減となった。

⇒広域化ブロック間の処理能力の融通による。

中継施設および基幹改良の効果

- 2025～2050年までの合計費用・期末施設数
  - 中継施設なし・基幹改良なし：3437億円・6施設
  - 中継施設あり・基幹改良なし：3330億円・3施設
  - 中継施設なし・基幹改良あり：3214億円・6施設
  - 中継施設あり・基幹改良あり：3078億円・5施設

- 2025年～2050年までの合計費用の削減額・施設数削減効果
  - 中継施設の効果：107億円～136億円減・1～3施設減
  - 基幹改良の効果：223億円～252億円減・0～2施設増

  - 基幹改良による延命化の費用削減効果は大きく、
    更新時期の調整による施設集約のメリットを上回る。
    ⇒全ての施設で延命化しようとするため、更新時期の調整弁とはならない。
  - 他の都道府県でも実施し、基幹改良が更新時期の調整機能を持ちうるか検証。

まとめ

- 広域化・集約化を進めることで、処理施設のスケールメリットが得られる。
- 収集運搬費の増加や、施設間での更新時期の違いが、広域化・集約化の障壁となっている。
- 収集運搬費の増加は、中継施設の導入によって緩和される。特に、人口密度の低い地域（輸送距離の長い地域）で効果が出やすい。
- 施設間の更新時期の違いが、基幹改良によって緩和されるかは、現時点では不明。
- 広域化ブロックをまたいだ処理能力の融通は、処理施設のさらなる集約やコスト削減に寄与する。

謝辞：本研究は、環境研究総合推進費（JPMEERF20223001）の支援を受けた。