

コンパクトシティ形成へ向けた公共施設集約による 地域熱供給事業のエネルギー削減効果

Improving Efficiency of Community Heating System
by Public Facilities Integrations for Compact Cities

建築都市空間デザイン専攻 空間計画講座 都市地域デザイン学研究室 和田 修一

Abstract

When introducing community heating systems, compact cities can improve energy density and realize effective use of energy. However, in many cases in Japan, community heating systems using woody biomass target only public facilities. Therefore, during night time, the heat demand is low and the systems generate surplus heat. The purpose of this paper was to clarify the improving efficiency of community heating system by public facilities integrations for compact cities. The analysis revealed that in Shimokawa town in Hokkaido, we can reduce surplus heat by 7.1% with public housing integration, and by 18.5% with urban function integration.

Keywords :Compact city, Public facilities integration, Community heating system, woody biomass

1. 研究の背景と目的

中山間地域では、基幹産業である林業に由来する木質バイオマス資源が豊富に存在する。そのため、多くの自治体で、これらを新エネルギーとして活用し、産業の活性化を目指す取り組みが見られる。一方、これらの地域では、急速な人口減少により、コンパクトシティの形成が求められている。コンパクトな市街地の実現は、公共投資や行政サービスの効率化と共に、市街地のエネルギー需要密度を向上させ、エネルギーの有効活用を実現できる。

また、木質バイオマスは小規模な施設でも高効率で熱生産が可能であり、人口が少ない地域でも地域熱供給¹⁾を実現できる。一方、多くの導入事例では、熱供給先は公共施設であり、夜間の熱需要が少なく、熱の余剰が発生している。そのため、夜間の熱需要が多い農業用ハウス（以下、温室）を整備し熱供給を行うことで、熱需要を最適化することを目指している。

以上から本論では、中山間地域において、コンパクトシティの形成へ向けた施策と温室の導入による、地域熱供給事業のエネルギー削減効果を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

本論では、研究の対象地として、国内でも先進的に木質バイオマスによる地域熱供給を実現している下川町（図1）を選定した。まず、下川町におけるコンパクトシティへ向けた施設の整備（3章）と温室の導入のあり方（4章）を検討した。次に、町の意向を調査し、地域熱供給事業の拡大のパターンを検討した（5章）。最後に、それぞれの拡大のパターンについて、コンパクトシティへ向けた施設整備と温室の導入によるエネルギー削減効果を算出した（6・7章）。

表1. 研究の方法

構成	3章	4章	5章	6・7章
	町が行う施策の整理	熱供給の方針整理	熱供給の方針整理	施策の効果を算出
検討事項	コンパクトシティへ向けた施策	最適な温室導入条件	地域熱供給事業の拡大方針	地域熱供給事業の際の施策の効果

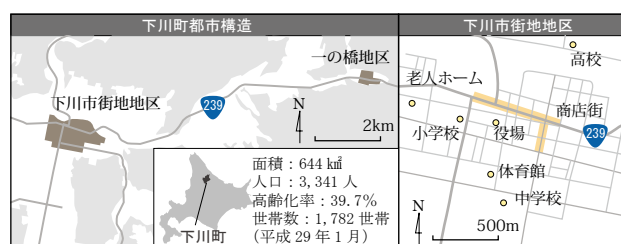


図1. 下川町の概況

3. 下川町のコンパクトシティへ向けた施策（図5・6）

下川町では、コンパクトシティ形成に向けて、公営住宅の再編と都市機能の再編に取り組んでいる。それぞれの施策について、町の行政資料を分析し、以下の施設の整備を想定した。

【公営住宅の再編】①市街地及び一の橋地区の5箇所の公営住宅を建て替え、一部を市街地中心部へ移転する。②町外からの通勤者向けに住宅を整備し、町への定住促進を図る。③所得超過の公営住宅入居者や移住者に向け、町内の空き家への住み替えの斡旋を行う。

【都市機能の再編】①住民活動の拠点となる施設を整備する。②廃業した旅館の代替となる宿泊施設を整備する。③サービス付き高齢者住宅を整備する。④市街地周辺の地区会館を廃止する。⑤小中学校を小中一貫校へ再編し、中学校の校舎を活用する。

4. 下川町における温室の最適規模

現在下川町では、市街地に6台のボイラーを設置し、公共施設と公営住宅に熱供給を行なっている（図2）。ここでは、それぞれの施設に温室を導入した場合に、導入により生じる灯油コストと削減される余剰熱を算出し、温室導入による効果が最大となる温室の規模を算定した。その結果、幼児センターに240㎡の温室を導入する場合の効果が最大となった（表2）。

表2. 各施設への温室導入の検討結果

	ボイラー出力	導入前余剰熱	余剰熱削減量	温室面積	平準化率
高齢者複合施設	450[kW]	10.4[GJ/日]	5.4[GJ/日]	720㎡	58.6%
小学校・病院	700[kW]	36.9[GJ/日]	32.1[GJ/日]	3600㎡	53.8%
役場周辺	1200[kW]	70.5[GJ/日]	64.5[GJ/日]	7920㎡	52.8%
幼児センター	100[kW]	6.5[GJ/日]	5.1[GJ/日]	480㎡	77.4%
中学校	240[kW]	12.6[GJ/日]	9.8[GJ/日]	1200㎡	41.0%



図 2. 下川町市街地の地域熱供給の現況

5. 下川町における地域熱供給事業の拡大

5-1. 地域熱供給事業の拡大パターン（図 7）

下川町へのヒアリング結果から、今後の地域熱供給事業の拡大について、以下の 3 パターンを想定した。

【パターン① 公共施設への熱供給の拡大】現在敷設されている配管を延ばし、熱供給を行う公共施設を増やす。その際に、別のボイラーからの配管を接続し、6つの熱供給網を 2 つに再編する。

【パターン② 一般住宅への熱供給の開始】公共施設に加え、配管が通る道路沿いの一般住宅に熱供給を行う。

【パターン③ ボイラーの新設と供給先の拡大】市街地西端に熱電併給施設を整備し、そこから熱供給を行う。熱供給網はパターン②よりも拡大し、熱供給を行う施設を増やす。既存のボイラーは非常時のバックアップとして活用する。

5-2. 熱供給配管ルートを検討

各パターンについて、熱供給配管のルートの検討を行なった。パターン①・②は、公共施設同士を結ぶように、パターン③は、市街地の熱需要の大きな場所を通るようにルートを設定した。市街地の熱需要については、市街地の建物用途と延床面積を都市計画基礎調査データより把握し²⁾、エネルギー原単位を用いて、設定した街区ごとに熱需要密度を算出した（図 3）。

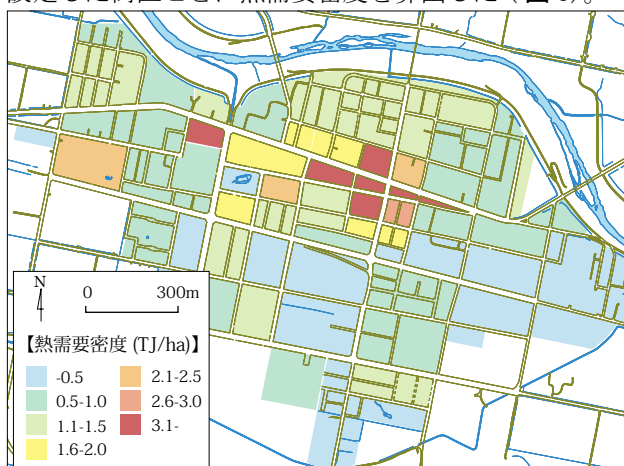


図 3. 下川町市街地の熱需要密度

5-3. 各パターンの効率性の評価

熱供給密度 [kW/m]（ボイラー出力 / 配管延長距離）を用いて、各パターンの地域熱供給の効率性を評価し

た⁵⁾。文献^{*1*3}によると、熱供給の効率性を保つには、配管部の熱損失を熱供給量の 10%以下にすることが目安であり、配管部の熱損失量は、熱供給密度が 0.17 [kW/m] 以下になると 10%を上回ることから^{*2)}、この値と各パターンの値と比較した。その結果、全てのパターンで、0.17 [kW/m] 以上の値となった（図 3）。

6. コンパクトシティ形成による効果の算出方法

5章で示した 3 つのパターンについて、3・4章の施策を行なった場合のエネルギー削減効果を算出する。本論では、温室を導入する場合、公営住宅の再編を行う場合、都市機能の再編を行う場合、両者の再編を行う場合の

表 3. 検討する施策の組み合わせ

	case0	case1	case2	case3	case4
公営住宅の再編			○		○
都市機能の再編				○	○
温室の導入		○			

し、何も行わない場合と比較した。（表 3）

6-1. エネルギー削減効果の算出方法

以下の 2 つの指標を用いて効果を算出する。

【余剰熱】ボイラーからの熱が供給過多となり、供給先の施設で使いきれない熱である。ボイラーからは一定の熱が送られるため、熱需要の少ない時間帯は多くの余剰熱が生じる。本論では、ボイラーを case0 の最大熱需要を超えない一定出力で稼働することを想定し、ボイラー出力を下回る熱を余剰熱した。

【灯油消費削減量】ボイラー出力を超えた分の熱需用量を超過熱量とし、灯油による個別暖房により熱需要を賄う設定とした。何も行わない場合と超過熱量の値の差を算出した。

6-2. 時刻別熱需用量の算出方法

各ケースの熱供給先となる建物用途を 8 つに分類し³⁾、用途ごとの延床面積を算出した。次にエネルギー原単位を用いて、用途ごとに熱需要量を算出した。更に文献より得られた用途ごとの時刻別の熱需要比から、各ケースの時刻別熱需要量を算出した。

7. コンパクトシティ形成による効果の算出（図 8）

6章で示した方法を用いて、3 パターンの熱供給方法に対して、各ケースの余剰熱と灯油消費量を、何もしない場合と比較した。

7-1. パターン① 公共施設への熱供給の拡大

【case0 何もしない】供給先の公共施設は夜間の熱需要が少なく、余剰熱が 69600 [MJ/日] 生じる。

【case1 温室の導入】余剰熱は、温室の整備により夜間の熱需要が増加するため、7.1%削減される。一方、灯油消費量は、ピーク時の熱需要の増加により、327 [MJ/日] 増加する。

【case2 公営住宅の再編】余剰熱は、住宅への熱供給により夜間の熱需要が増加するため、5.0%削減されるが、温室を導入する場合より効果は小さい。一方、灯油消費量は、公営住宅の熱源が木質バイオマスに転換されるため、3465 [MJ/日] 削減される。

【case3 都市機能の再編】余剰熱は、ピーク時の熱需要が減少し、朝晩の熱需要が増加するため、23.9%削減される。灯油消費量も、事務所や宿泊施設の熱源が

転換されるため、4391[MJ/日]削減される。

【case4 両者の再編】余剰熱は28.3%、灯油消費量は7495[MJ/日]削減される。

このように、パターン①では、都市施設の再編を行うと、公営住宅の再編を行うケースと比較して、余剰熱は約5倍、灯油使用量は約1.3倍削減される。

7-2. パターン② 一般住宅への熱供給の開始

【case0 何もしない】住宅への熱供給により、夜間の熱需要が増加するが、ピーク時の熱需要も大きく増加するため、パターン①より余剰熱が増加する。

【case1 温室の導入】余剰熱は、7.0%削減されるが、灯油消費量は341[MJ/日]増加する。導入による効果はパターン①と同程度である。

【case2 公営住宅の再編】余剰熱は、5.6%の削減に留まり、温室を導入する場合より小さい。灯油消費量も3340[MJ/日]の削減に留まる。パターン②では一般住宅への熱供給を行うため、公営住宅再編による効果はパターン①の場合より小さい。

【case3 都市機能の再編】余剰熱は、23.5%の削減、灯油消費量も4157[MJ/日]の削減となり、パターン①の場合と同程度の効果が得られる。

【case4 両者の再編】余剰熱は28.6%、灯油消費量は7172[MJ/日]削減される。パターン①の場合と同様に、4つのケースで最も効果が大きい。

パターン②では、新たに一般住宅への熱供給を行ったことで、ピーク時の熱需要が増加してしまい、灯油消費量の削減効果がパターン①より低下した。

7-3. パターン③ ボイラーの新設と供給先の拡大

【case0 何もしない】パターン①②と比べて、ピーク時の熱需要が大きく増加し、余剰熱が約2倍になる。

【case1 温室の導入】余剰熱は3.8%削減されるが、灯油消費量は263[MJ/日]増加する。整備効果はパターン①②の場合と同程度である。

【case2 公営住宅の再編】多くの住宅に地域熱供給が行われ、夜間の熱需要が増加することで、余剰熱は6.9%削減され、4つのケースで効果が最大となる。一方、灯油消費量は、ピーク時の熱需要が増加するため、2779[MJ/日]の削減に留まる。

【case3 都市機能の再編】余剰熱は、4.3%の削減に留まる。パターン③は熱供給の範囲が広く、公共施設の再編による効果が少ない。一方、灯油消費量は、多くの公共施設の熱源を転換できるため、5781[MJ/日]削減される。

【case4 両者の再編】case3と同様の理由で、余剰熱は5.3%の削減に留まる。一方、灯油消費量は8932[MJ/日]削減される。

パターン③の場合、公営住宅の再編による効果は最大になるが、都市機能の再編による効果は最小になる。

7. 結論

本研究では、コンパクトシティの形成へ向けた公共施設の集約による、地域熱供給事業導入時の余剰熱の有効利用と灯油使用量の削減の効果を明らかにした。

7-1. 地域熱供給導入時の公共施設集約の重要性



図5. 下川町における公営住宅の再編



図6. 下川町における都市機能の再編

下川町では公共施設の熱需要量が市街地全体の3割近くを占めるため、地域熱供給の導入時に公共施設の再編を検討することは重要である。

7-2. コンパクトシティの形成による地域熱供給への効果

①公営住宅の再編を行うと、ボイラーを新設し熱供給先を拡大する場合に効果が最大となり、何もしない場合と比べて、余剰熱を6.9%、灯油消費量を2779[MJ/日]削減できる。

②都市機能の再編を行うと、公共施設への熱供給を拡大する場合に効果が最大となり、何もしない場合と比べて、余剰熱を23.9%、灯油消費量を4391[MJ/日]削減できる。

③両者の再編を行うと、公共施設への熱供給を拡大する場合に効果が最大となり、何もしない場合より余剰熱を28.3%、灯油消費量を7465[MJ/日]削減できる。

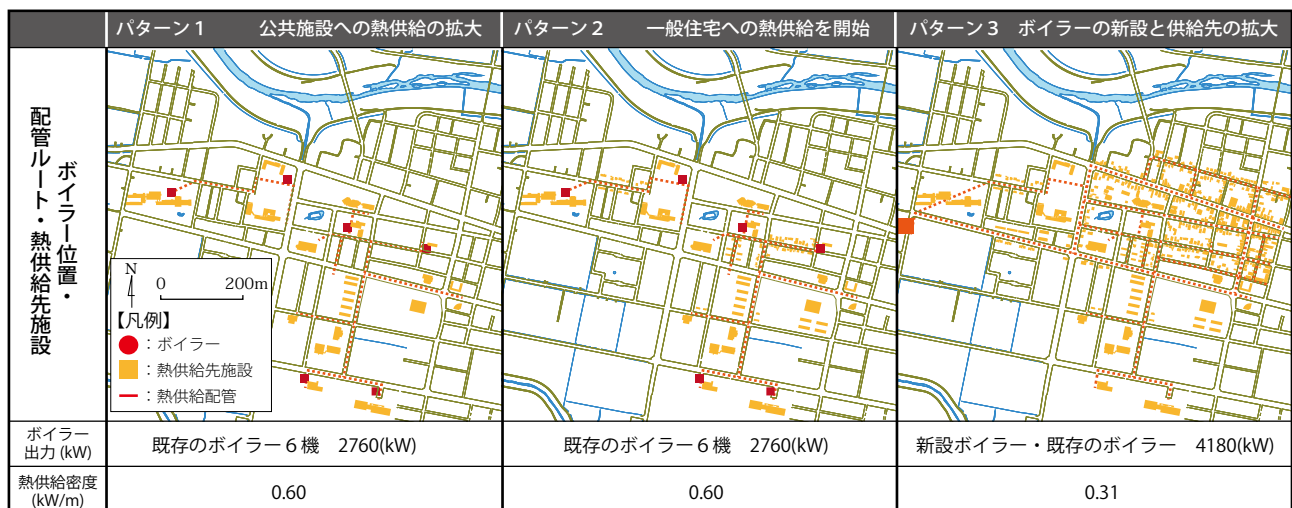


図7. 下川町の地域熱供給事業の拡大パターン

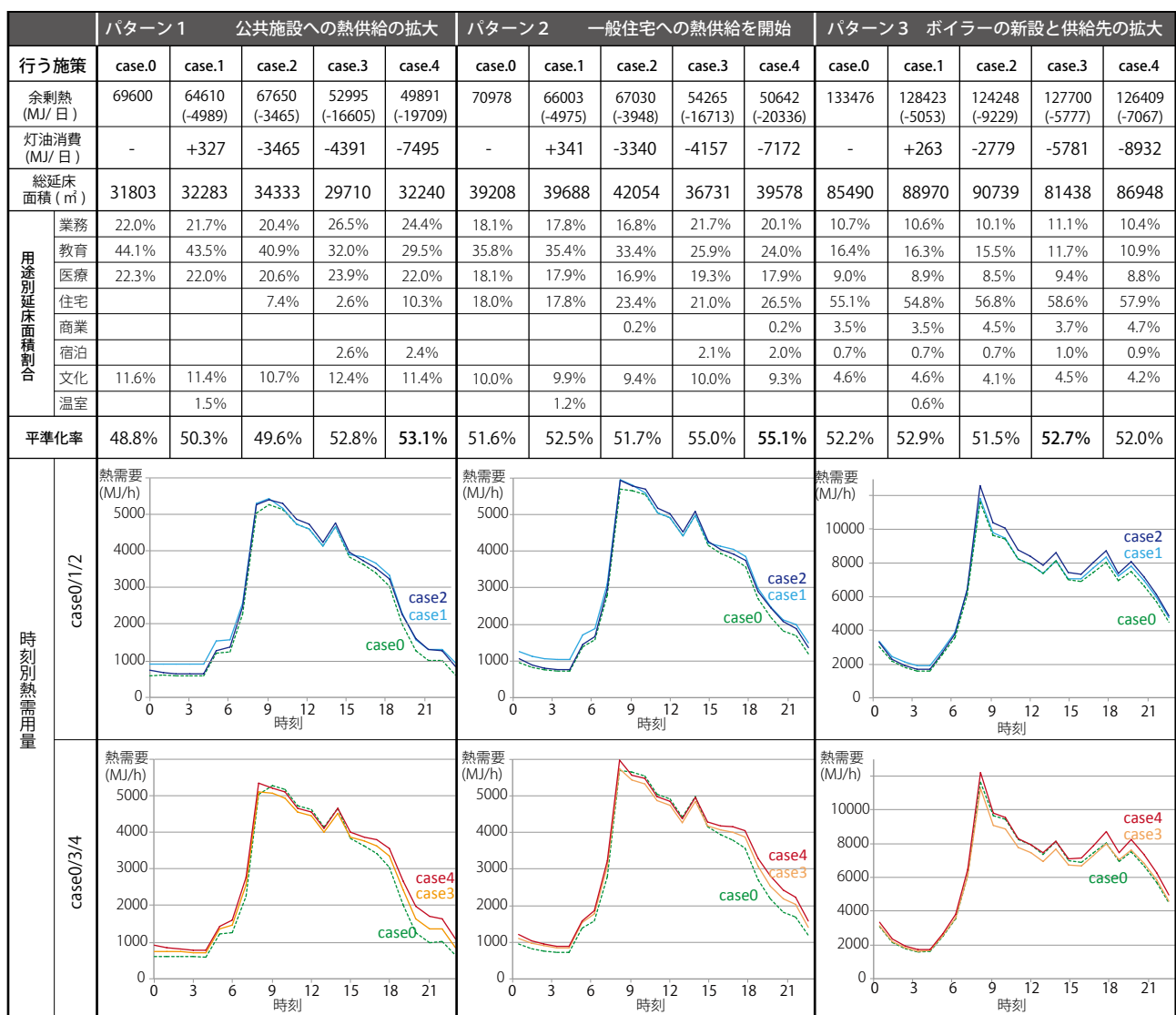


図8. 下川町の施策による地域熱供給事業のエネルギー削減効果

【注釈】注1) 複数の建物に対して、一箇所にまとめた冷暖房・給湯設備で製造した冷・温水等を供給するシステム。注2) 下川町都市計画基礎調査データを活用し、建物用途と延床面積を把握した。注3) 参考文献5を参考に用途別のエネルギー原単位を把握し、「業務、教育、医療、住宅、商業、宿泊、温室」8つの用途に分類した。注4) 「新エネルギー」とは、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法において技術的に実用化段階に達しつつあるが、経済性の面で制約から普及が十分でないもの、石油代替エネルギーの導入を計るために特に必要なもの」注5) 配管ルートの道路延長距離を測定し、温水の往復のために2倍の距離を想定した。

【参考文献】*1 日本木質バイオマスエネルギー協会：木質バイオマス熱電併給事業推進のための調査 *2 C.A.R.M.E.N: Kleine Holzvergasungsanlagen. *3 三浦秀一：オーストリアにおける森林による地域熱供給事業の事例と計画 *4 青柳志歩：学校建築を含む住宅群における木質バイオマスをを用いたコミュニティ暖房システムの検討 *5 阿部佑平ほか：北海道富良野圏域を対象とした民生部門エネルギー等の需要構造分析 *6 下川町：地域内エネルギー需用量調査 *7 下川町：下川町森林バイオマス熱電併給事業計画 *8 下川町都市計画基礎調査データ *9 下川町：公共施設等総合管理計画 *10 下川町：住生活基本計画及び公営住宅長寿化計画