

4.1 地域熱供給

地域熱供給は1970年代にドイツの北部で始まり、以降、ヨーロッパではデンマークなど寒冷な地域を中心に普及しました。中国でも山東省以北の都市に、発電所を中心とする地域熱供給が普及しています。日本でも20世紀の後半に集合住宅向けの地域熱供給が始まりましたが、その後は住宅よりも熱需要密度が高い都市部で、オフィスや商業施設を対象とする地域熱供給が大幅に増えました。

われわれが家庭で購入しているエネルギーは電力と燃料ですが、実際に使うエネルギーは照明・機械動力・通信・および暖冷房と給湯の熱です。熱は燃料か電力から作っていますが、多いのは給湯用の温水です。北欧は気温が低いので暖房は家全体を温めますが、使うのは各部屋に送る温水です。日本でも暖房に温水を使う家がありますが、床暖房なら使用量は多くありません。一方、日本では風呂に使う温水が多く、統計によるとエネルギー消費量の約2割～3割に達しています。

家庭で風呂用の温水を作るには給湯器を使いますが、給水と燃料と湯温の自動制御が必要ですから安価ではなく、定期的な点検や保守も必要です。一方、北欧では暖房に使う温水が多いのでガスボイラーを使いますが、日本の給湯器よりも規模が大きいので、設置費も維持費も高額です。もっと重要なのは継続的な安定運転で、冬季に暖房が止まれば室内温度が零度以下になり生存が脅かされます。このため、地域に大規模な温水製造施設（以降はエネルギーセンターと呼ぶ）を設置し、家庭を含む需要家に導管を使って供給する地域熱供給が発達しました。利点は需要家が個別に温水製造設備を設置するより安価なだけでなく、保守や点検も担ってくれるので安心です。一方、温水供給の導管敷設費が安くないので、温水の需要が少ない場合と需要密度が低い場合は費用対効果が劣

ります。このため、地域熱供給の初期には集合住宅が対象でしたが、その後は都市化の進展に応じて商業施設・体育館などのスポーツ施設・学校などにも温水を供給するようになりました。熱供給対象施設の拡大は供給する熱供給媒体にも影響を与え、都市部では温水だけでなく、オフィスや商業施設向けに冷房用の冷水も供給する事例が増えました。エネルギーセンターも技術の進歩に応じて効率よく蒸気や電力を製造できるようになったので、地域によっては乾燥や調理にも使える蒸気や電力まで供給しています。このように、地域熱供給は需要家の種類、需要密度、供給エネルギー媒体によって多様な形態があります。

1. 需要家の種類と供給を求められるエネルギー媒体

表1に地域熱供給の需要家と、求められるエネルギー媒体を示します。集合住宅にもっとも強く供給を求められるエネルギー媒体は、60℃～80℃の中温水です。暖房に使うには部屋まで温水を供給する配管を設置し、室内には熱交換器を内蔵するヒーターを置いて部屋を暖めます（温水で室内空気を加温）。キッチンや洗面所で温水を使う場合も、熱交換器を使って水道水を温めます（温水で水道水を加温）。熱を奪われて温度が低下した供給温水は、供給元のエネルギーセンターに返送されます。集合住宅でも温水だけでなく、冷房用の冷水も求められる場合があります。たとえば温暖な地域の熱が蓄積しやすい高層マンションですが、その場合はエネルギーセンターから中温水と別に、冷水供給の導管も敷設します。ただし温水と別に往復2条の導管が必要になるので、部屋ごとにエアコンを設置して冷房する方法と費用対効果を比較するのが望ましいでしょう。なお、ヨーロッパ諸国や中国、日本でも北海道の集合住宅では、ほとん

表 1. 地域熱供給の需要家と供給を求められるエネルギー媒体

需要家の種類は下欄 エネルギー媒体は右行		中 温 水	冷 水	高温水 or 蒸気	電 力
集合住宅		○	△		
オフィス 行政施設	大	○	○	△	△
	中・小	○	○		
商業施設	大	○	○	△	△
	中・小	○	○		
学校（小・中・高・大）		○			
図書館		○	○		
保育園・幼稚園		○			
ホール・劇場		○	○		
観光施設（屋内）		○	○		
植物園		○			
ホテル		○	○	○	
病院		○	○	○	
プール		○			
駅舎		○	○	○	
研修施設		○	○		
工業団地				○	

注 1：オフィスビル内の商店は商業施設に含む

注 2：中温水は 60℃～80℃で 100℃以下

高温水は 140℃～160℃

注 3：冷水は約 7℃

ど冷水供給を採用していません。

オフィスは暖房だけでなく、夏季には安定的な冷房の需要があるので、中温水と冷水の供給が求められます。また、大きなオフィスビルは 140℃～160℃の高温水か 0.3Mp 程度の蒸気を求める場合があります。厨房で必要な熱は 100℃以上が多いのと、0.3Mp 程度の蒸気があれば除菌や清掃にも便利です。冷凍機を保有すれば自ら冷水を作ることでもできるからです。しかし圧力が高いので漏洩した場合の危険性が高く、関連設備が高価に

なり取り扱いにも注意が必要です。エネルギーセンターによる電力の供給は、必ずしも必要ではありません。通常は商用電力が供給されているからです。しかし、エネルギーセンターが電力も作れるコジェネレーションシステムを採用している場合は、常用よりも緊急用に供給を求められる場合があります。

デパートや多くの商店が入居しているモールも、供給を求められるエネルギー媒体は大きなオフィスビルと同様です。しかし、専門的なエネルギー管理者がいない場合は、高温水や蒸気の供給を求められない可能性が高いでしょう。学校は暖房用の中温水供給希望が多いでしょうが、冷水供給は希望が少ないでしょう。導管の費用が別に必要になるからです。保育園や幼稚園も学校と同じ理由で中温水しか供給を希望しないでしょう。図書館は成人の滞在時間が長いので、暖房用の中温水と冷房用の冷水供給が求められます。ホール・劇場・観光施設・研修施設は快適性が必須要件ですから、冬季には暖房用の中温水が、夏季には冷房用の冷水供給が求められます。

ホテル、病院、駅舎にも暖房用の中温水と冷房用の冷水供給が求められますが、140℃～160℃の高温水か 0.3Mp 程度の蒸気も求める場合が多いでしょう。滞在する人の快適性のためではなく、提供するサービス業務のためです。ホテルや病院の多くは洗濯業務があり、乾燥に蒸気を使います。飲食店や厨房には煮沸業務が多いので、100℃以上の高温水か、または蒸気が必要です。駅舎は清掃業務が多く蒸気が必要です。植物園とプールには暖房と給湯用に温水供給の需要がありますが、冷水の方は導管を別に敷設するほどの必要性がありません。工業団地は製造業が中心ですから、明らかに高温水または蒸気供給の希望がありますが、たぶん暖冷房の中温水や冷水の供給希望はないでしょう。工場ですから、自力で中温水や冷水の製

造設備を設置できるからです。

2. エネルギーセンターの設備構成

表 2 にエネルギーセンターの典型的な設備構成と、供給可能エネルギー媒体を示します。最も多いのは中温水（60℃～80℃）ボイラーで、暖房と給湯用の中温水を供給します。寒冷な北欧や中国に長い歴史があり、日本も主に北海道の集合住宅向けに採用されています。しかし冷房需要もある場合は冷凍機も設置し、中温水と冷水の 2 種類のエネルギーを供給します。冷房が必要なオフィス、商業施設、観光施設などは冷水の供給先になります。高温水ボイラー（140℃～160℃）または約 0.3Mp の蒸気ボイラーを設置すれば、100℃以上の熱供給ができます。したがって乾燥や煮沸工程がある工場、調理や洗浄が必要なホテルや病院、商業施設などの需要に対応できます。なお、高温水ボイラーがあれば容易に中温水も作れるので、暖房と給湯の需要にも応えられます。さらに冷凍機を設置すれば冷房用の冷水も供給できます。

コジェネレーション設備を設置すれば、効率よく電力と熱を同時に生産できますが、その比率には一定の範囲があります。このため、熱供給の需要と電力供給の需要は、同時には満足させられません。このため通常は温水供給や蒸気供給を優先し、電力はエネルギーセンター内で使った余剰分だけを地域に供給するか、あるいは地域には供給せずに電力会社に販売します。地域に供給する場合も余剰分ですから量が少なく不安定なので、一般的には緊急用に限定する傾向です。なお、コジェネレーション設備では冷熱を製造できないので、冷熱需要にも対応するなら冷凍機が必要です。

エネルギーセンターは自前で熱を作るだけでなく、外部から排熱を仕入れて利用する場合があります。表 2 の注 7 に記したように、外部の排熱も

利用する場合は仕入れ先に熱交換器を設置し、低温水・水道水・工業用水などを送って加熱水を返送してもらいます。利用する外部の橋熱で多いのは、清掃工場（ごみ焼却排熱で得られる中温水）、下水処理場（下水処理後の低温水）、変電所（発生熱の回収で得られる低温水）、地下水（低温水）です。一方、デンマークやスウェーデンでは、製油所や化学工場の排熱を仕入れて使用しています（排熱回収で得られる中温水）。中国では火力発電所の熱（タービン抽気で得られる中温水）を仕入れて利用しています。

エネルギーセンターは熱供給導管コストの観点から、供給先との距離が近い方が有利です。通常は 10 km から遠くても 15 km 圏が限界で、もっと狭い 5 km 圏の小規模地域熱供給も少なくありません。外部排熱を利用する場合も、熱量が豊富でも距離が遠いと経済性の点で利用できません。日本は熱需要密度が高い都市部と、排熱が多い工業地域が離れていることが多いですが、欧米では数 km しか離れていないことが少なくありません。その点では欧米の中核都市の方が、外部の排熱利用に恵まれていると思われます。

3. 熱供給導管と敷設方法、需要家の設備

エネルギーセンターと需要家を結ぶ導管は鋼管で、通常は外側をケイ酸カルシウムの保温材で覆い、その外側を薄い鋼板で巻いて雨水の侵入を防ぎます。雨水の侵入を検知できる銅線を内部に設置する場合があります。導管の大部分は地下に埋設しますが、都市部では共同溝にガス管や水道管などとともに収納する場合があります。埋設する場所は、北欧では道路脇の 60 センチ程度の深さが多いですが、日本では道路直下で 1m 以上の深さが求められ、高コストの要因になっています。

需要家の設備としては、供給されるエネルギー

表 2. エネルギーセンターの基本設備と供給が可能なエネルギー媒体

エネルギーセンターの設備	エネルギー媒体			
	中温水	冷水	高温水 蒸気	電力
中温水 (60℃～80℃) ボイラー	○			
中温水ボイラー・冷凍機	○	○		
高温水ボイラー・or・蒸気ボイラー	○		○	
高温水ボイラー・or・蒸気ボイラー・冷凍機	○	○	○	
コージェネレーション設備	○			△
コージェネレーション設備・冷凍機	○	○		△

- 注 1：熱交換器・蓄熱槽・圧縮機・ポンプ・計測器は、一般的に必要な設備なので略。
 注 2：高温水ボイラー・or・蒸気ボイラーを保有する場合、中温水も製造供給が可能。
 注 3：高温水または蒸気の供給があれば、需要家が専用の設備を設置して中温水や冷水を製造できる。
 注 4：コージェネレーション設備があれば電力だけでなく中温水、または高温水や蒸気も製造できるが、本稿では関連設備が安価で危険性が低い中温水とした。
 注 5：エネルギー効率の観点でコージェネレーション設備を保有しても、電力供給の需要が少ない場合は電力を地域に供給せずに、電力会社に販売するが多い。
 注 6：エネルギーセンターの使用燃料はガスか石油が多い。木材チップかペレットを燃料に使う場合もある。
 注 7：エネルギーセンターが外部の排熱を仕入れて利用する場合は、仕入れ先に熱交換器を設置し、低温水・水道水・工業用水などを送って加熱水を返送してもらう。
 注 8：外部からの熱の仕入れ先は清掃工場（中温水）、下水処理場（低温水）、変電所（低温水）、地下水（低温水）が多い。海外では製油所（中温水）、化学工場（中温水）、発電所（中温水）も仕入れ先になっている。

媒体と、自前の水道水などとの熱交換器を設置する必要があり、北欧やドイツの集合住宅では 30 リットルほどのプレートフィン熱交換器が採用されています。使用熱量を計測するため、流量計と温度計も設置します。しかし旧社会主義国家では、コスト低減のために計測器を設置せず、熱使用料を住居の部屋面積に応じて決めている場合もあります。しかし従量制ではないので、浪費の要因になっています。

4. 日本の地域熱供給

日本の地域熱供給の現状を表 3 の（その 1）～（その 4）に示します。地域熱供給の名称と熱供給床面積は、日本熱供給事業協会の HP を引用しています。主な供給先は、HP に紹介されている建築物の名称から筆者が推測しています。表 3 の再右欄に示すのは、筆者が各地域熱供給の供給先から推測した類型の記号です。北海道には類型 B の集合住宅型が多く、千葉や神奈川では類型 C のオフィス型が多くなっています。東京は高層ビルが多いので地域熱供給自体が多く、類型ではオフィス型が圧倒しています。近畿には工業団地型がありますが、化学コンビナートには需要家の組合形式による地域熱供給が散見されます。中国の大連では、大規模な工業団地の全需要家に温水を供給する熱供給事業があり、供給地域の工場には自前のボイラー設置が認められていませんでした（1990 年代）。なお、平成 26 年 8 月末の時点で、熱供給事業法の許可を受けて事業を展開している企業は 78 社、供給地点は 138 地点です。

（おわり）

参考：日本熱供給事業協会 HP

表 3. 日本の地域熱供給（その 1）

類型 A: 都市基盤型、B: 集合住宅型、C: オフィス（店舗を含む）型、D: 商業施設型、E: 多目的型、
F: イベント施設型、G: 工業団地型、H: 医療施設型、I: 観光施設型、J: 流通施設型、

地域熱供給名称		熱供給 床面積	主な供給先	類型
北海道	札幌市都心	189.7	オフィス、植物園、テレビ塔、時計台	C
	札幌市光星	12.6	集合住宅、行政施設、保育施設、診療所	B
	札幌市厚別	47.8	集合住宅、駅舎	B
	札幌市真駒内	12.1	集合住宅、駅舎	B
	札幌駅北口再開発	23.1	オフィス・商業施設、駅舎	C
	苫小牧日新団地	7.9	集合住宅、学校、保育施設	B
	苫小牧中心街南	10.0	集合住宅、学校	B
	苫小牧西部	13.5	集合住宅、学校型	B
東北	盛岡駅西口	10.2	オフィス	C
	山形駅西口	8.4	商業施設、ホール	E
	筑波研究学園都市	27.3	オフィス、学校、ホール	C
	清原工業団地（栃木）		工業団地型	G
	高崎市中央・城址（群馬）	10.0	オフィス、図書館、ホール	E
千葉	さいたま新都心西	86.4	オフィス、行政施設、体育館	E
	千葉ニュータウン都心	46.7	オフィス、スーパー、	C
	千葉新町	21.1	商業施設	D
	幕張新都心インターナショナル・ビジネス	67.3	ホール、ホテル、オフィス	F
	幕張新都心ハイテク・ビジネス	94.7	オフィス	C
神奈川	かながわサイエンスパーク	14.6	オフィス	C
	みなとみらい 21 中央	338.6	オフィス、ホール、商業施設、病院、駅舎、美術館 博物館	A
	横浜ビジネスパーク	22.3	オフィス、商業施設	C
	港北ニュータウン・センター	32.3	オフィス、商業施設、学校	C
	横浜駅西口	35.0	オフィス、商業施設、ホテル、駅舎	C
	横浜市北仲通南	18.3	オフィス	C
東京	赤坂	12.8	オフィス	C
	明石町	2.9	オフィス、病院、介護施設、学校	H
	大手町	250.2	オフィス、駅舎、ホテル	C
	内幸町	91.8	オフィス、駅舎、ホテル、ホール	C
	青山	20.1	オフィス、駅舎	C

表 3. 日本の地域熱供給（その2）

	地域熱供給名称	熱供給 床面積	主な供給先	類型
東京	赤坂・六本木アークヒルズ	5.2	オフィス、ホール、ホテル、駅舎	C
	赤坂五丁目	4.3	オフィス、集合住宅	C
	大崎1丁目	31.8	オフィス	C
	恵比寿	39.1	オフィス、商業施設、ホテル、美術館、集合住宅	E
	紀尾井町	10.3	オフィス、駅舎	C
	蒲田五丁目東	12.7	オフィス、ホール	C
	銀座四丁目	10.4	商業施設、オフィス	D
	北青山二丁目	16.0	オフィス、駅舎	C
	霞が関三丁目	32.7	オフィス、駅舎	C
	後楽一丁目	24.2	オフィス、ホテル	C
	銀座5・6丁目	20.7	オフィス、商業施設、駅舎	C
	神田駿河台	24.9	オフィス、駅舎、学校、病院	E
	錦糸町駅北口	25.3	オフィス、ホテル、集合住宅、駅舎、ホール	E
	新宿新都心	224.2	オフィス、ホテル、	C
	芝浦	40.0	オフィス	C
	新宿南口西	43.8	オフィス、病院、駅舎	C
	新宿南口東	36.1	オフィス	C
	新宿歌舞伎町	13.8	オフィス、病院	C
	品川八潮団地	39.8	集合住宅、学校、商業施設	B
	芝浦4丁目	26.3	オフィス、集合住宅	C
	新川	19.5	オフィス、集合住宅	C
	品川東口南	36.7	オフィス、卸売市場	C
	渋谷道玄坂	14.4	オフィス	C
	汐留北	72.0	オフィス、地下歩道	C
	品川駅東口	59.5	オフィス、集合住宅	C
	東京臨海副都心	253.8	オフィス、ホール、観光施設、病院	C
	多摩センター	50.0	オフィス、病院、医療施設、行政施設、学校	E
	田町駅東口北	120.8	病院、幼児施設	H
	虎ノ門四丁目城山	16.8	オフィス、集合住宅	C
	竹芝	24.4	オフィス、客船ターミナル、ホテル	C
東京国際フォーラム	29.2	ホール、駅舎	F	
天王洲	49.3	オフィス、ホテル、集合住宅	C	
虎ノ門二丁目	15.6	病院、ホテル	H	
豊洲三丁目	15.9	オフィス、学校	C	

表 3. 日本の地域熱供給（その 3）

地域熱供給名称		熱供給床面積	主な供給先	類型
東京	東京スカイツリー®	18.2	観光施設、商業施設	I
	立川曙町	22.5	オフィス	C
	豊洲六丁目	45.2	卸売市場	J
	虎ノ門一・二丁目	17.5	オフィス、駅舎、地下歩行者通路	C
	西池袋	47.1	商業施設、オフィス、ホテル、駅舎、行政施設	D
	西新宿一丁目	41.2	オフィス、行政施設、学校	C
	西新宿六丁目	68.1	オフィス、ホテル、病院、駅舎	C
	永田町二丁目	36.6	オフィス	C
	日本橋室町西	30.0	オフィス	C
	東池袋	58.3	オフィス、商業施設、ホール、駅舎、学校	C
	東銀座	10.4	オフィス、劇場	C
	広尾一丁目	7.4	オフィス、スポーツ施設、駅舎	C
	光が丘団地	99.4	集合住宅、商業施設、学校	B
	八王子南大沢	10.4	商業施設、行政施設	D
	日比谷	12.7	オフィス、劇場	C
	箱崎	28.4	オフィス	C
	府中日鋼町	28.8	オフィス	C
	本駒込 2 丁目	18.5	オフィス	C
	晴海アイランド	46.3	オフィス、ホール	C
	初台淀橋	39.7	オフィス、劇場	C
	東品川四丁目	27.4	オフィス、ホール、駅舎	C
	丸の内一丁目	85.7	オフィス、地下歩行者通路	C
	丸の内二丁目	135.2	オフィス、地下歩行者通路	C
八重洲・日本橋	14.0	オフィス、商業施設	C	
有楽町	64.8	オフィス	C	
用賀四丁目	8.1	オフィス	C	
六本木ヒルズ	72.7	オフィス、ホテル、劇場、集合住宅	C	
中部	富山駅北	8.8	ホール、ホテル、病院、幼児施設	H
	浜松アクトシティ駅前	22.8	ホール、ホテル、音楽施設、博物館	I
	名古屋栄三丁目	21.6	商業施設、オフィス、駅舎、	D
	名駅南	23.8	商業施設、オフィス、交通施設	D
	名古屋栄三丁目北	6.7	商業施設	D
	東桜	14.8	商業施設	D
	名古屋栄四丁目	13.0	商業施設、駅舎	D

表 3. 日本の地域熱供給（その4）

	地域熱供給名称	熱供給 床面積	主な供給先	類型
中部	J R 東海名古屋駅周辺	41.9	商業施設、駅舎	D
	J R 東海名古屋駅北	58.7	商業施設、オフィス	D
	ささしまライブ 24	25.3	学校、オフィス	C
	中部国際空港島	33.6	交通施設、工場、行政施設、オフィス	E
近畿	中之島六丁目西	11.2	オフィス	C
	大阪本庄東	6.9	オフィス	C
	中之島二・三丁目	54.7	オフィス、ホテル、駅舎	C
	千里中央	65.2	オフィス、ホテル、商業施設	C
	泉北泉ヶ丘	16.0	オフィス、商業施設	C
	弁天町	25.3	集合住宅、ホテル	B
	岩崎橋	42.9	スポーツ施設、駅舎、行政施設、病院	E
	天満橋一丁目	29.8	オフィス、ホテル、集合住宅	C
	大阪西梅田	31.0	オフィス、ホテル、駅舎、商業施設	C
	関西国際空港島内	69.6	交通施設、行政施設	E
	大阪南港コスモスクエア	56.6	オフィス、行政施設、ホテル	C
	大阪此花臨海	28.4	観光施設、ホテル、商業施設	E
	神戸リサーチパーク鹿の子台	8.5	オフィス、集合住宅	C
	神戸ハーバーランド	46.7	オフィス、地下街、観光施設、駅舎、商業施設	A
	六甲アイランドセンター	27.5	観光施設、商業施設、ホテル、病院、美術館	D
	三宮駅南	7.8	ホール、駅舎	D
	芦屋浜高層住宅	33.6	集合住宅、商業施設	B
	神戸東部新都心	10.6	オフィス、行政施設、医療施設、美術館	C
	西郷		日本酒製造工場	G
赤穂		塩製造工場	G	
中 國	広島市紙屋町	13.1	デパート、地下街	D
	高松市番町	15.0	オフィス、病院、行政施設	E
	サンポート高松	16.3	交通施設、観光施設、行政施設、ホテル	E
九 州	小倉駅周辺	26.6	ホール、ホテル、流通施設	J
	千代	21.7	オフィス、行政施設、体育館、ホテル	E
	渡辺通再開発	7.5	オフィス、ホテル、商業施設	C
	シーサイドももち	65.4	商業施設、オフィス、学校、ホール、図書館	E
	西鉄福岡駅再開発	13.6	商業施設、駅舎、地下歩行者通路	D
	下川端再開発	14.3	商業施設、オフィス、ホテル	D
	佐世保ハウステンボス	24.9	観光施設、ホテル	I