

自然（雪、風、温泉）との共生：蓄熱、熱交換、熱工学分野の展望

（株）東光コンサルタンツ フェロー 高久達将

1. はじめに

日本の雪国は北海道から裏日本一帯に広がり国土の60%を占める。美しい自然を持ち、歴史文化の担い手として雪国の果たす役割は大きい。冬季豪雪地帯は除雪対策と凍結防止対策、道路交通確保により、閉ざされた地域から開かれた地域と変身し、現在北欧5カ国に匹敵する経済活動を行っている。雪、風は夫々、あるいは併せて吹雪となり雪害、風害となる。害を益とする新エネルギー利用と自然との共生をテーマに熱工学分野の新しい展望を行う。

2. 自然エネルギー

風力発電 新エネルギー導入大綱（1997）により環境調和型（地球温暖化、酸性雨、温室効果ガス排出対策）の再生可能エネルギーとして、導入促進が図られている。2010年300万KW計画目標（2000年世界1770万KW、2001年日本15万KW、265基設置実績）に技術開発、法制度の整備、風車の大型化（1000～1500KWクラス）が図られている。風力は環境調和型の再生可能クリーンエネルギー源として注目される。

風力発電



日本の2010年開発目標：300万KW（2001年15万KW）

太陽熱発電 2010年482万KWの計画目標、表日本中心、別途ソーラーシステムがある。

地下熱源 寒冷地でも地下を掘り下げると（恒温帯深度20～150m）温度が一定となる恒温帯（10～17℃）がある。更に掘り下げると温度は高くなり、温度勾配は3～7℃（100m当り）である。地下熱源は地中熱と地下水熱に分類されるが、温泉が最も効果的熱源である。地下水は浅層地下水（河川、海水等も含む）、深層地下水に分類されるが、地下水の探査技術も高度化しており、かなりの精度で深層地下水の存在が予測される。工場廃水、下水処理水、ごみ焼却場温水の利用が効果的であり、都市型融雪熱源として積極的に使われはじめている。

3. 蓄熱と放熱

太陽エネルギー（夏季の日射量大きい）、風力エネルギー（季節風等の変動がある）は四季を通じて変動があり、冬季利用までエネルギーを備蓄しておく必要がある。例えば、夏季の太陽熱を集熱するには、道路融雪の場合、舗装版を利用し、熱伝導率が小さく熱拡散が遅い土の熱学的特性を利用し地下に蓄熱するのが一般的である。その方法は顕熱、潜熱、化学、濃度差蓄熱等がある。蓄熱材としては砂質土があるが、蓄熱密度、断熱効果を含めた土中の蓄熱技術の開発が今後必要である。地下は温度の変動が少なく、夏季は太陽熱保存、あるいは空気冷房モードに、冬季は雪エネルギー保存、蓄熱利用モードに切り替え可能である。

4. 熱交換

融雪パイプ（不凍液循環）温水温度を15℃とし、融雪後の循環水の温度を10℃としたときの、地下熱源の熱交換システムの例を図1に示す。

1) 地下水が低温の場合：ヒートポンプ利用

2) 地下水が高温（温泉）の場合：熱交換器の利用

このシステムの動力源として風力発電等の電力が必要である。

水の代わりに空気熱源のヒートポンプがある（低温の冷媒液を空気熱交換器に通し、外気から熱を奪い、圧縮し高圧ガスとし温水熱交換器で循環水を温める）。地下鉄エアコンの排気を利用する例もある。その他、海水熱源ヒートポンプがあり低温熱源を高温にする熱交換システムである。

キーワード：自然との共生、融雪、風力発電、地熱、熱交換、熱工学、蓄熱

連絡先：〒170-0005 東京都豊島区南大塚3-32-1 大塚S&Sビル3F、Tel:03-5950-7201、Fax:03-5950-3652

5. 融雪

冬季交通路の路面確保は雪 + 凍結対策である。雪対策は除雪、排雪、消雪、融雪があり、凍結対策は防止剤、防滑剤散布がある。雪対策の基本は機械除雪、雪捨て（ダンプ投雪 + 融雪槽）、温水消雪、温熱融雪である。現在は電熱によるロードヒーティングが主流であるが融雪面積は 1000m² 程度であり、融雪地区の広さは限定されている。空港等の路面融雪の場合、より広域の大規模融雪システムが求められる。新エコエネルギー利用の観点からは、次のような融雪システム構築が必要である。

- 1) 新雪の機械除雪、雪捨て（融雪槽）
- 2) 夏季の太陽エネルギーの地下備蓄
- 3) 風力発電、太陽熱発電等による動力源の確保
- 4) 地下熱源（地熱、地下水、河川水、海水、温泉、工場廃水、下水処理水等）の利用
- 5) 地中熱源の融雪熱変換（ヒートポンプ、熱交換器）システム
- 6) 融雪機器（ロードヒーティング、ヒートパイプ、循環水の不凍対策等）の開発

6. 熱工学分野の新しい展望

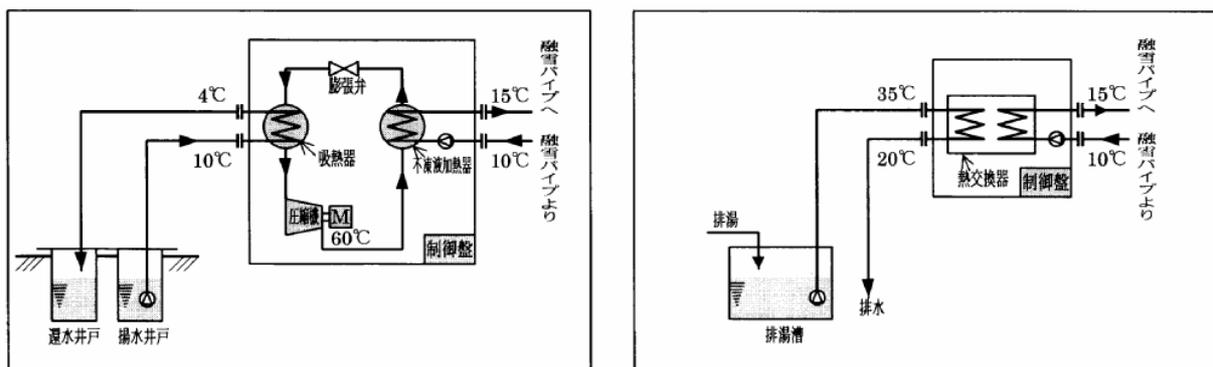
蓄熱放熱、融雪による地中温度変化は次のようになる。

- 1) 春から夏：自然に大地が温まる
- 2) 夏：蓄熱運転
- 3) 秋：自然放熱
- 4) 冬：融雪運転、エネルギー消費、大地は冷える

上記の自然現象 + 人工的蓄熱、放熱現象の解明には熱工学分野の新しい展望が期待される。例えば、数学的な熱伝導方程式の解析シミュレーション技術、土、水、大気を媒体とした熱伝導の解明、蓄熱材 + 断熱材等の材料開発、ヒートポンプ、熱交換器等の機器開発、雪の消雪、融雪、凍結防止等の周辺技術の開発等である。

上記の熱サイクルは排気による、大気地球温暖化のメカニズム解明にも応用可能である。その熱サイクルのモデルが設定されれば、ソフト + ハードを組み合わせた新しい熱工学の展開があるものと思われる。

土木は土（大地）と木（構造）の工学分野である。更に熱（火）エネルギーを混えた＜土 + 木 + 火＞の新しい工学分野の展開が自然との共生に求められている。



地下水が低温の場合：ヒートポンプ

地下水が高温（温泉）の場合：熱交換器

図 - 1 ヒートポンプと熱交換器

参考文献

冬期路面对策事例集：社団法人雪センター、平成9年5月