

カーボンニュートラル賞

受賞名称

第6回カーボンニュートラル賞 北海道支部

カーボンニュートラル賞選考支部名称

第6回カーボンニュートラル賞選考委員会 北海道支部

業績の名称

北海道大谷室蘭高等学校における寒冷地の気候に適合した環境配慮型校舎の実践

所在地

北海道室蘭市八丁平3-1-1

応募に係わる建築設備士の関与

株式会社日本設計	佐藤 昌之
	星野 秀明

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社日本設計					
建築主	学校法人望洋大谷学園 北海道大谷室蘭高等学校					
設計者	株式会社日本設計					
施工者	西松建設株式会社					
建物管理者						
建物利用者						
検証者	北海道大学工学部建築学科 建築環境学研究室 准教授 森 太郎					
延床面積	10,091.88	m <sup>2</sup>				
階数	地上3階	地下1階	塔屋-階			
主用途	高等学校					
竣工年月日	2014年1月					

支部選考委員長講評

本件は、既存校舎の老朽化と近隣姉妹校との統合に伴い、環境配慮型校舎を目指して普通教室棟・特別教室棟を建て替えた新校舎の計画である。

校舎の設備運転は設備専門技術者不在で行われるため、「建築的配慮によるパッシブ技術と汎用技術の採用」をメインコンセプトとして、容易な運用が可能で低コストの設備計画を行っている。

積雪寒冷地の学校建築の主要エネルギー用途である「暖房」、「外気処理」、「照明」についての省エネ対策を建築的工夫による再生可能エネルギー利用技術や高効率機器の導入で実現している。

外断熱工法による高断熱・高气密化によって暖房エネルギーの低減化を図る一方で、教室の外壁面をソーラーウォール構造、講堂の下部ピットをクールヒートチューブ空間として計画し、太陽熱や地中熱によって取り入れ空気の前熱予冷を行い外気負荷を削減している。暖房期間は、クールヒートチューブで10℃、ソーラーウォールで5℃の温度上昇効果が検証されており、特に厳冬のクールヒートチューブ取得熱量は同時期の暖房熱量の約1/2に達すると試算しており、熱負荷削減効果は極めて大きい。

照明については、ハイサイドライト、大庇空間の効果的な配置によって自然採光を確保し、LED照明の導入効果と合わせ電気エネルギーの削減を図っている。建替え前後を比較すると、冬期における電気エネルギーの削減量が顕著であり約40%削減されている。

暖房用燃料は低炭素化をコンセプトとし、灯油主体からLPG主体へ転換しており、2016年度実績で本校建物全体のCO2排出量は24kg-CO2/m<sup>2</sup>であり、北海道地区で同年代竣工の高校と比較して35%以上のCO2排出削減を達成している。一次エネルギーについても傾向は同様であり燃料・電気いずれも30%以上削減されている。

教室の「断熱採光障子」を開発、採用し、熱貫流率U値1.3を実証している。障子閉鎖時は、窓面からの冷放射による寒さの改善や夜間の貫流負荷削減に効果的であり、快適な教室環境維持と暖房エネルギー削減効果が確認されている。

本件により実証されたパッシブ及び再生可能エネルギー活用技術、高効率機器等による省エネルギー、CO2削減手法は建築用途問わず採用することができ、低炭素社会の実現に向けた建築物のニュートラル化への貢献が大きく期待できることから受賞に値すると評価する。

関与した建築設備士の言葉

北海道大谷室蘭高等学校は、寒冷地の気候に適合した暖かい校舎の実現を目指し、建物の高断熱化や外気取入時の予熱/予冷といった、使い手が意識せずともエネルギーを削減できる取組みを建築・設備の両面から行いました。教室は外断熱や断熱障子によって外装の性能を高めるとともに、外気取入に太陽熱を利用しています。半地下の講堂はLED照明等の高性能設備を導入するとともに、クールヒートトレンチによって地中熱を利用しています。シンプルながら効果が見込める取組みを着実にいった上で、竣工後の運用について検証を行い、エネルギーの無駄遣いを省く運用が徹底されました。その結果、旧来の校舎よりも快適性が向上するとともに、省エネルギーにつながりました。今後もより良い運用に向けて専門的視点からサポートをしたいと思っております。

( 星野 秀明 : 株式会社日本設計 )

業績の名称：北海道大谷室蘭高等学校における寒冷地の気候に適合した環境配慮型校舎の実践

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

1 / 4

北海道大谷室蘭高等学校における寒冷地の気候に適合した環境配慮型校舎の実践



北海道大谷室蘭高等学校は、既存校舎の老朽化と近隣姉妹校との統合に伴い、環境配慮型校舎を目指して普通教室棟・特別教室棟を建替えた新校舎の計画である。地域性への配慮、真宗大谷派の教えの伝承という建物コンセプトに従い、以下の取り組みを行っている。学校設備の運転は設備の専門技術者が不在の中で行われるため、建築的配慮によるパッシブな技術と汎用機器の採用により、容易に運用可能で、単純かつ低コストの設備計画を行った。

①北国の気候に配慮した建築的取組み

- ・外断熱/高气密の高性能外皮+太陽熱利用
- ・断熱採光障子+Low-eガラスの高性能サッシ
- ・年間を通して温度が安定した地中熱利用

②学校用途のエネルギー消費先を考慮した設備高効率化

- ・照明の高効率化/制御の導入(LED/明るさ・人感センサー)
- ・全熱交換器による外気負荷低減

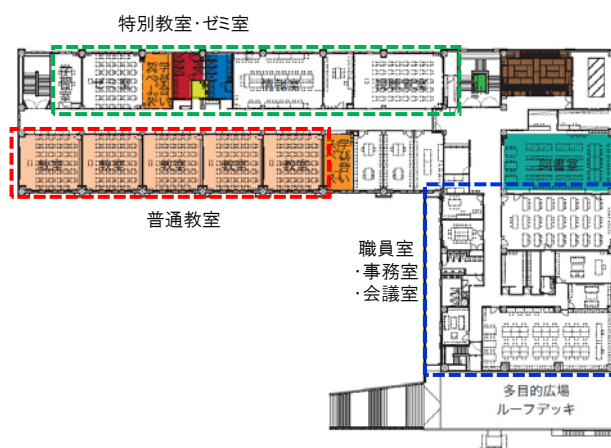
③低炭素燃料への転換

- ・灯油主体⇒LPG主体へ

既存部分（体育館等）を含む建物全体のCO2排出量は24kg-CO2/m<sup>2</sup>・年であり、ベースラインが他の建物用途として学校建築は低いが、DECCデータベースの同地区・同年代竣工の高校と比較して35%以上のCO2排出削減を達成している。



校舎配置図



平面図(2階)

建築概要		設備概要	
所在地	室蘭市八丁平3-1-1	教室	FF暖房機(LPG)+全熱交換器
敷地面積	72,128m <sup>2</sup>	職員室・情報室	GHPビルマルチPAC(LPG)+全熱交換器
建築面積	2,727m <sup>2</sup>	講堂	高温風暖房機(LPG)
延床面積	10,091m <sup>2</sup> (新築6,284m <sup>2</sup> +既存3,807m <sup>2</sup> )	教室・職員室	Hf蛍光灯 (明るさセンサー制御)
階数	地下1階 地上3階	講堂	LED
構造	RC造	トイレ	LED (人感センサー制御)

業績の名称：北海道大谷室蘭高等学校における寒冷地の気候に適合した環境配慮型校舎の実践

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

2 / 4

～省エネルギーへの取り組み・工夫～

地域性を表現する外断熱外装と太陽熱利用

①外装材の構成

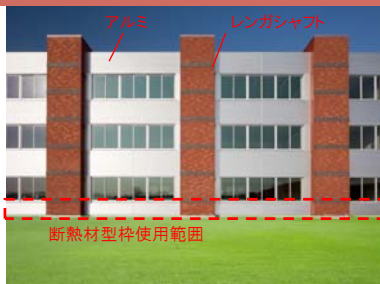
南向きの普通教室の外装は北海道らしさを象徴させる素材のレンガと、鉄鋼の街である室蘭を想起させる金属素材のアルミスパンドレルによって構成されている。

②外断熱について

北国の厳しい冬の環境においても安定で快適な室内環境を実現するため、省エネ基準等級4相当の外断熱（外壁65mm、屋根75mm）により高断熱・高気密で熱を逃がさない構造としている。外断熱工法は工期短縮・コスト低減を図り下地レス通気工法、断熱材型枠工法による施工合理化を検討し、現場での実証試験の上採用した。

③太陽熱による外気負荷低減（ソーラーウォール）

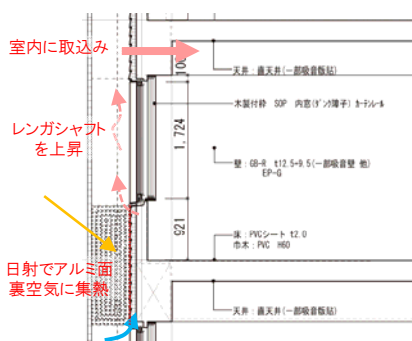
アルミ外壁の背面には空気層があり、日射によって暖められた空気がレンガシャフト経由で教室の外気として取り入れられる。太陽高度の低い冬期に日射を多く受けるアルミ外壁の背面の空気は5°C程度の温度上昇があり、外気負荷削減に加え、冬期の低温の外気と室温の温度差を緩和することができる。夏期については鉛直面日射量が少なくなることに加え、8月でも最高気温の月平均が24°Cの室蘭においては窓を開ける運用が可能のため、室内環境への影響は生じない。



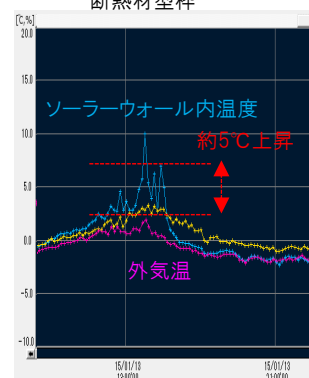
普通教室の外装



断熱材型枠



窓廻り断面図



ソーラーウォール測定結果

断熱採光障子とLow-eガラスによる高性能サッシ

①断熱採光障子の熱性能

教室の冬場の日射抑制、断熱性向上のために半透明素材を用いた断熱採光障子を開発した。簡易熱箱法を用いた単体試験、現地実測を行い、いずれにおいてもLow-eガラスサッシと組み合わせることで熱貫流率U値が1.3になることを実証した。障子閉鎖時のLow-eガラスの室内側表面温度は低下するが、外部への熱流が小さくなっていることを意味する。

②放射環境の改善

障子を閉鎖すること（熱画像右側閉鎖部分）で室内に面する障子の表面温度が上昇するため、放射による寒さの改善にも寄与する。

③断熱障子の負荷削減効果

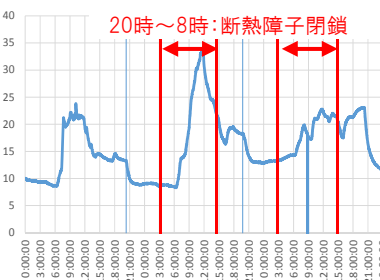
非定常熱負荷計算ソフトEsp-rを用いて暖房時の窓開閉パターンのシミュレーションを行い、教室の校舎内での位置（方位・端部又は中間）毎に負荷削減効果を検証した。方位・位置にほぼ関係なく、また夜間閉止であれば閉止を始める時間によらず10%程度の貫流負荷削減効果があることが確認された。



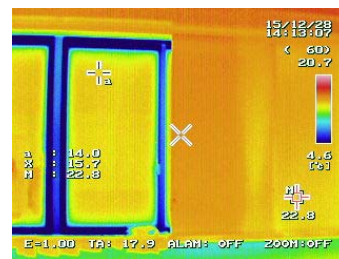
教室の内観



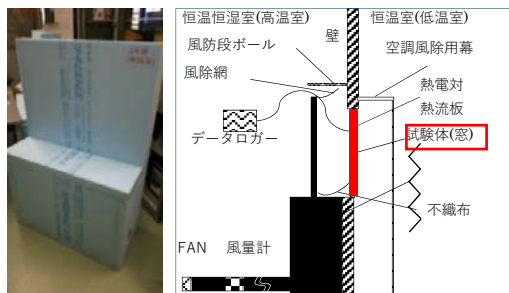
断熱採光障子



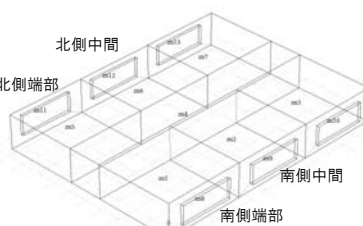
窓表面温度の推移



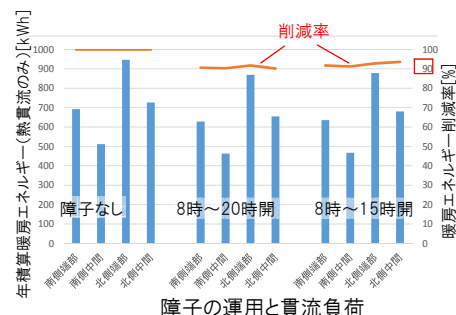
障子閉止時の表面温度



簡易熱箱法による試験



運用シミュレーションモデル



障子の運用と貫流負荷

業績の名称：北海道大谷室蘭高等学校における寒冷地の気候に適合した環境配慮型校舎の実践

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

3 / 4

～省エネルギーへの取り組み・工夫～

真宗大谷派の教えを象徴する講堂とクールヒートチューブによる外気低減

①講堂

半地下に位置する講堂は浄土真宗大谷派の教えを教育理念とする学校の象徴的な仏壇が置かれる場所であり、全校生徒の集会等に加え、様々な校内・校外のイベントで使用することができる大空間の多目的スペースである。最大500人（外気量約10,000m<sup>3</sup>/h）が収容されるため、外気負荷低減が重要となる。

②クールヒートチューブの配置

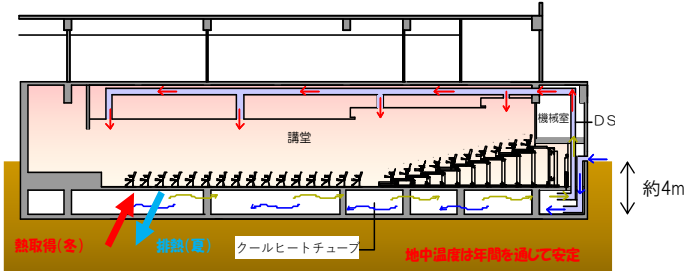
クールヒートチューブは半地下空間である講堂の地下ピット（ピット底面：GL-約4m）を利用して、空気の流通経路は約50m確保している。講堂の床下は断熱材(t=50mm)を敷設しており、ピット内に外気が流通することによる底冷え防止を図っている。OAガラリより取入れた外気は一旦ピットにて開放し、出口部までピット内を流通してからダクトにて暖房機へと外気を送る。

③クールヒートチューブの効果

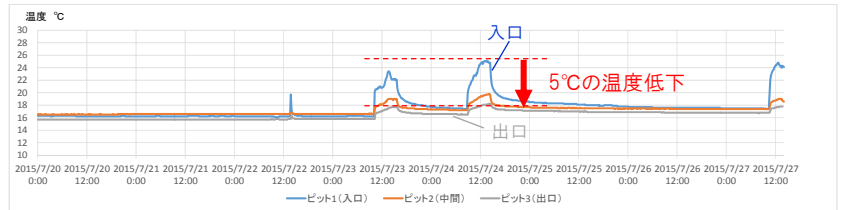
年間を通して温度が安定した地中部において空気が接することで、冬期は集熱、夏期は排熱が行われる。これにより換気運転時に夏期は5℃の温度低下、冬期は10℃の温度上昇効果が検証されている。換気装置停止時にはピット内空気温度は安定し、冬でも外気と比べて高い10℃程度である。Esp-rを用いて運用を想定した非定常解析を行い、暖房期間においてクールヒートチューブの効果が大きいことを確認した。

④高効率設備の導入

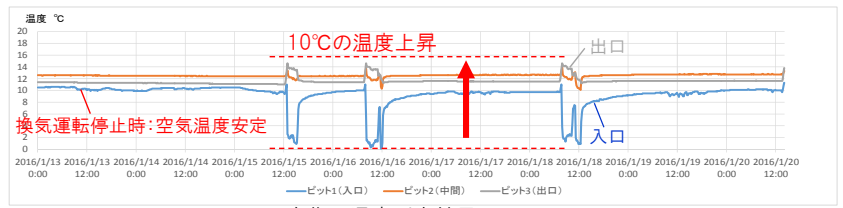
高天井の空間のメンテナンス性に配慮し、LED照明を採用している。また、低風量大温度差の暖房が可能となる高温風暖房機（吹出温度80℃）を採用し、空気搬送動力の低減を行っている。



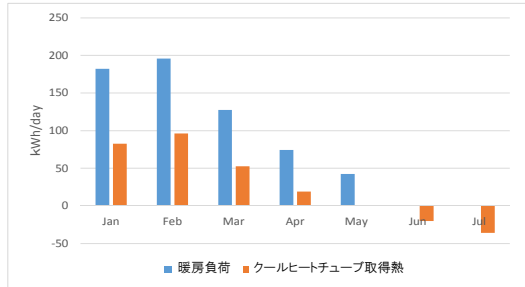
講堂断面・クールヒートチューブ概念図



夏期の温度測定結果



冬期の温度測定結果



月別の熱負荷とクールヒートチューブ取得熱

自然通風・自然採光に配慮した建築計画

①年間を通して使用できる半屋外空間の創出

生徒の居場所となる空間として、大庇による半屋外空間を設けている。(30m×8m) 夏は日射を遮り風が通る空間、冬は雪を防ぎ採光を取り込む空間として、年間を通じて利用することができる。

②ハイサイドライトによる自然採光

職員室・会議室、図書室にはハイサイドライトを設けることで、南面に開口を設けていない居室にも自然採光を導く計画としている。



大庇による半屋外空間



ハイサイドライト

業績の名称：北海道大谷室蘭高等学校における寒冷地の気候に適合した環境配慮型校舎の実践

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

～低カーボンエネルギーへの転換・再生可能エネルギー利用（将来計画）～

CO2排出量・エネルギー排出量実績

①北海道同地区の他の高校との比較

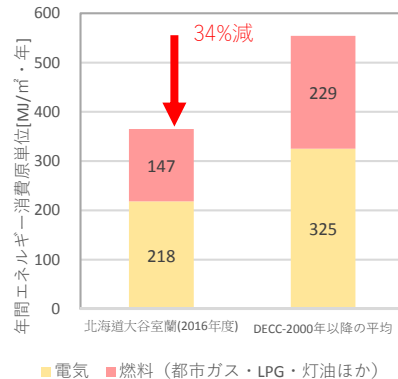
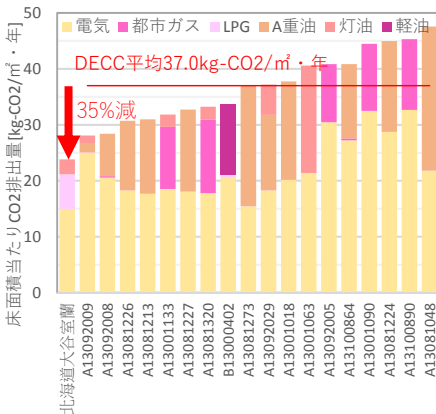
DECCデータベース(2016年版)の地域2に電気・燃料使用量がいずれも登録されている18校のエネルギー使用実績と比較を行った。このデータと比較すると本校のCO2消費原単位(既存部分含む)は最も少ない値となり、平均から35%削減されている。1次エネルギーについても傾向は同様であり、電気、燃料のいずれもが30%以上削減されている。

②従前の校舎との比較

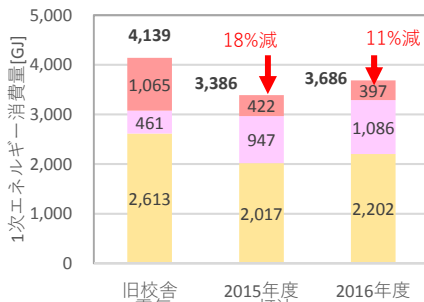
従前の校舎(2014年2月～2015年1月)と比較した場合、竣工後1年目・2年目ともにエネルギー消費量が削減されている。生徒数は建替え前後ともに約400人でほぼ同数である。面積規模は同程度であるが、普通教室/特別教室といった従前の機能が再現されたことに加え、講堂や、ゼミ室など学校としての機能は拡張されている。室内の快適性は向上し、施設稼働率も高まる傾向にある中でも、エネルギーが削減された状態が維持できている。冬期における電気の削減量が顕著であり、40%程度削減できている。

③検証と運用改善

実測に基づき運用改善の提案を行っている。教室の暖房エネルギーを調査したところ、授業終了後にも暖房負荷が生じており、16時以降だけで30%近い暖房エネルギーが消費されていたため、今後の改善点である。外気温が低くなっても暖房消費エネルギーがそれほど増えていないが、外断熱により一度暖められた躯体が熱を逃がしにくい構造の効果であると考えられる。

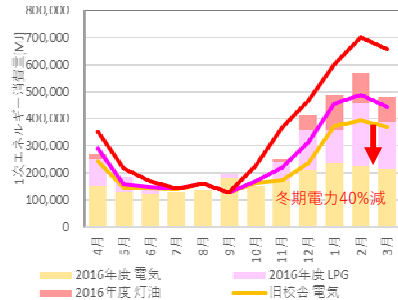


北海道の同地区の高校とCO2排出量の比較

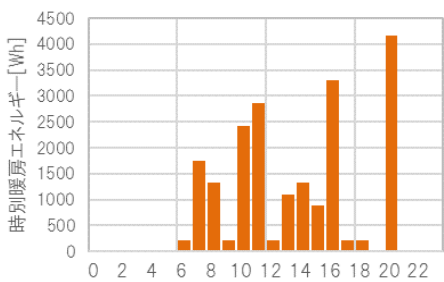


建替前後の年間エネルギー消費量

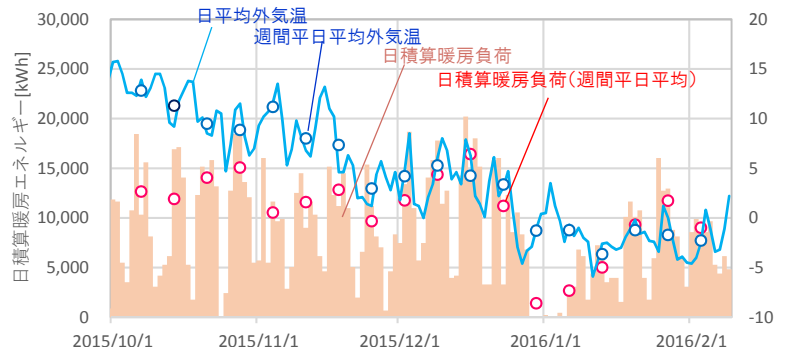
平均との1次エネルギー原単位比較



建替前後の月別エネルギー消費量



ピーク日の特別暖房エネルギー



日積算暖房エネルギーと外気温

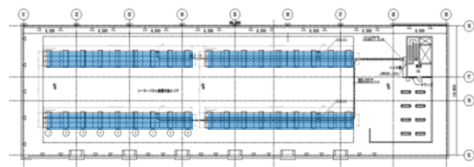
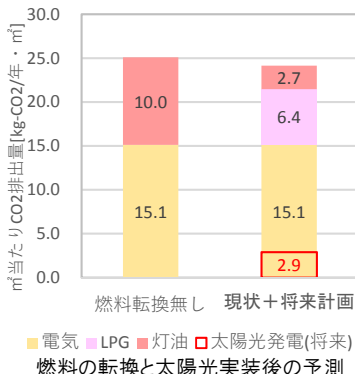
低炭素エネルギーへの転換・太陽光発電の将来計画

①灯油からLPGへ燃料転換

新校舎では暖房機・GHPエアコンの燃料としてLPGを用いている。都市ガス導管が未敷設のため、LPGバルク貯槽から建物内各所へガスを供給している。LPGの方が発熱量当たりのCO2排出量が13%少ない。DECCの他の高校を見ると主要な燃料としてA重油の採用が多く、都市ガスの無い地域の燃料は重油または灯油が主体であると考えられる。

②太陽光発電の将来対応

将来的な予備スペースとして設けた40kW分の太陽光発電を実装することで電力の20%相当の発電量(NEDOガイドラインによると43,120kWh)が見込め、全エネルギー使用量の10%程度に相当する。



太陽光発電設置可能スペース：約40kW(192.5W×54枚×4箇所)

年間予測発電量40kW×1,078kWh/kW=43,120kWh

太陽光発電の将来対応計画(教室屋上)