

外断熱工法建物における環境負荷低減効果について

宮崎 龍介・對馬 知克・山崎 雄司

北海道開発局 営繕部 設備課 (〒060-8511 北海道札幌市北区北8条西2丁目)

本報告は、平成16年度完成の旭川地方合同I期庁舎において施工した外断熱工法の環境負荷低減効果について、完成後2ヶ年に亘って実測し検証した結果である。環境負荷低減のための対策が各分野において取り組まれているところであるが、その効果を定量的に分析検証することはなかなか容易なことではない。環境負荷低減の大きな要素であるエネルギー消費量削減を目的とした外断熱工法も、理論上の研究や居住性に関する報告は数多くなされているが、実際の大規模な建物において測定したデータに基づいて検証した例は少なく、本報告が北海道スタンダードとして定着しつつある外断熱工法建物の設計及び運転管理における実務の一助となるべく報告する。

キーワード 外断熱工法, 建築物, 環境負荷低減, グリーン, 寒冷地

1. 建築物と地球温暖化の関係

地球温暖化対策として温室効果ガスの削減義務を定めた京都議定書が平成17年2月に発効し、その第一約束期間が本年から始まる。これにあわせてわが国でも「地球温暖化対策の推進に関する法律」の制定やその具体的な取り組みを着実に実行するための「京都議定書目標達成計画」が閣議決定されるなど、二酸化炭素を始めとする温室効果ガスの削減は喫緊の課題となっている。とりわけ、建築関連分野における二酸化炭素排出量は国内の全排出量の3～4割を占めており、わが国の膨大な建築ストックに対する温室効果ガス削減対策はこれまで以上に重要度を増している。

建築物から排出される二酸化炭素は、建物の新築や増改築、補修、運用の各段階における建築・設備資材の製造と現場の工事、運搬、その他建設工事に波及するあらゆる産業からの二酸化炭素排出量の総和をいう。住宅及び非住宅の冷暖房、給湯、照明などの運用に伴う排出量はその60%を占めているため、これらの一次エネルギー消費量の削減を目的とした環境負荷低減対策が求められている。

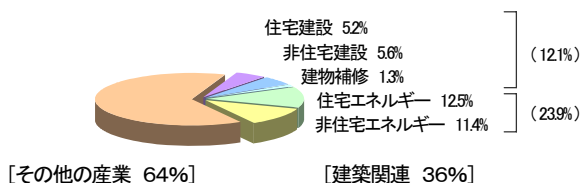


図-1 各産業別の温室効果ガス排出量 (1990年値) 1)

2. 建築物に施す環境負荷低減技術

(1) グリーン庁舎

建築物に施す環境負荷低減技術には、建物の寿命を長くすることで解体時に生じる廃棄物排出サイクルを伸ばす技術、工場製品を少なくして自然材料(エコマテリアル)などを用いる技術、太陽光などの自然エネルギーを利用して省エネルギー・省資源を図る技術などがある。

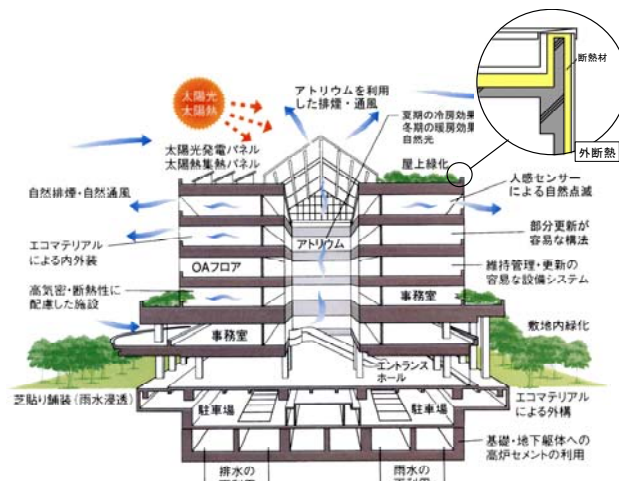


図-2 グリーン庁舎のイメージ図

図-2は環境保全に配慮した建物を建設する際のモデルとなるよう、環境負荷低減技術を積極的かつ効果的に建物に盛り込んだグリーン庁舎(環境配慮型官庁施設)のイメージ図である。建設予定の建物に最適な環境負荷低減技術を、二酸化炭素低減量などに数値化して定量的に環境負荷低減量を求めることで、建物の環境保全性能を評価するものとしている。

(2) 外断熱工法

グリーン庁舎のような建築物に施す環境負荷低減技術のうち、北海道の厳しい寒さに適する省エネルギー効果の高い技術として、北海道開発局営繕部において積極的に採用している外断熱工法について少し説明する。

通常の建築物の場合は、建物の外側から外装、コンクリート躯体、断熱材、内装の順に構成されているが、外断熱工法の場合は図一2の丸囲みの挿絵に示すとおり、外側から外装、断熱材、コンクリート躯体、内装の順に構成されている。すなわち、建物を断熱材がコートのようにすっぽりと覆う形になっている。

このことから、外断熱建物の特色として次のことが一般的に言われている。

- ①建物の内法寸法を変えることなく、断熱材の厚みを増せる。
- ②コンクリートの蓄熱効果により、外部の熱変動に影響されにくい。
- ③ヒートブリッジが少ないため、熱損失が抑えられる。
- ④結露が防止できる。
- ⑤コンクリート躯体の寿命が延びる。

その他これらに付随する効果も多数あるが、主に以上のことに集約される。

本研究では、このうち設計を行う際の利点と言える①、一次エネルギー削減には直接関連しない④、長期的な効果としての⑤を除いた、通常外断熱建物のイメージとして実感している②と③の効果について、実測データによる検証を行う。

3. 環境負荷低減効果の検証

「京都議定書目標達成計画」におけるわが国の地球温暖化対策の目標は、温室効果ガスの6%削減約束の確実な達成としているが、平成18年度のわが国の温室効果ガス総排出量は約13億トンで、京都議定書基準年に比べると6%以上も多くなっており、6%削減約束とは12%以上も乖離している。このことは、二酸化炭素を始めとする温室効果ガスの排出量を正しく把握していないことも一因と言われている。

建築物に施した環境負荷低減対策の効果を正しく検証し、もしその効果が正しく発現されていない場合は直ちに修正をかけ、そのことの積み重ねが環境のために要したコストを有効活用することであり、京都議定書目標達成への必須要件と言える。

(1) 検証対象



旭川地方合同I期庁舎

平成16年8月完成
延べ面積 13,686㎡
鉄骨鉄筋コンクリート造
地上6階、地下1階
断熱仕様 外壁 GW100mm
屋根 PF150mm
タイル貼通気層工法



図一3 旭川地方合同I期庁舎基準階平面図

(2) 検証の方法

次に示す温度等を測定し、コンクリート蓄熱、ヒートブリッジ発生の有無を調査する。

①室内環境

測定手段 BEMSデータより
測定ポイント 室内空気温度 (60点)
室内空気湿度 (60点)
外気温湿度

②建築物

測定手段 工事中にコンクリート内に自動計測温度計を埋設
測定ポイント 外壁コンクリート温度 (2点)
床コンクリート温度 (2点)

③建物空調システム

測定手段 熱源装置 (温水ボイラー稼働状況・冷温水発生機稼働状況他)
空調装置 (各階空調機冷温水温度・流量他)

④検証期間

平成17年7月～平成18年3月
(現在も測定継続中)

4. 検証

(1) コンクリート蓄熱効果

〔検証〕 外断熱建物は外面を保温材により保護されているため、躯体コンクリートに蓄熱された熱は時間遅れで放射され、室内温度が外部温度変化に左右されにくい。

図-4は平成17年度で最も寒さの厳しかった1週間の室温の記録で、各室の室温は外気温が常時氷点下であるにも関わらず、空調を停止している夜間・週末も含め常に2.2℃以上に保たれている。

躯体内温度は4階床スラブ内温度が常時25～27℃、屋上階スラブ内温度は常時21℃程度、外壁内温度も南側、北側で大きな温度変動はなく、外気温ではなく室温に連動して推移している。

夏季においても同様に、室温及びスラブ温度は大きな温度変動が見られなかった。

(2) ヒートブリッジ

〔検証〕 ヒートブリッジが生じていないため熱損失が少なく、躯体蓄熱が効果的に行われることにより熱源容量を小さくでき、一定量の熱量を継続的に与え蓄熱できる。

ヒートブリッジとは、断熱材がコンクリートなどの躯体で途切れて熱流失が発生する状況のことを言い、内断熱の場合、各階の床スラブと外壁の接触点などが該当箇所となる。外断熱の場合はその接触点の外側を断熱できるため、コンクリートを通じての熱流失が少なく保温性が良くなる。

図-5は年間を通した外気温の変化と、外壁、屋上スラブ、床スラブの各々の温度変化の記録である。

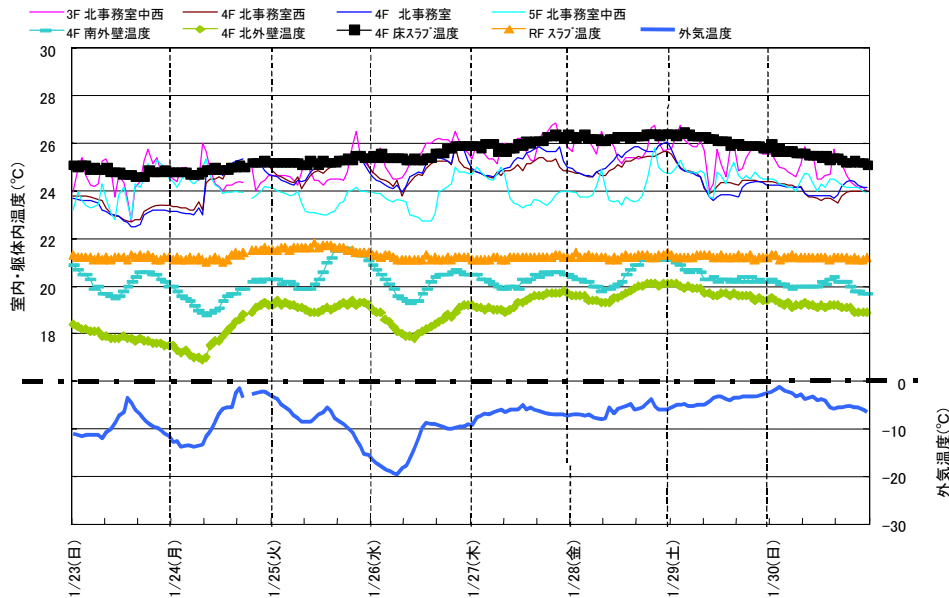


図-4 冬季温度

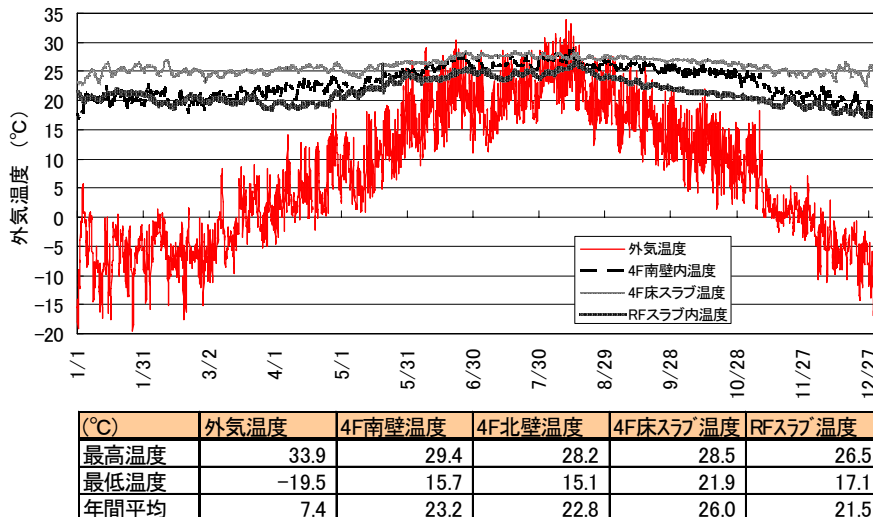


図-5 年間の外気温と
躯体内温度の推移
(平成17年)

(°C)	外気温	4F南壁温度	4F北壁温度	4F床スラブ温度	RFスラブ温度
最高温度	33.9	29.4	28.2	28.5	26.5
最低温度	-19.5	15.7	15.1	21.9	17.1
年間平均	7.4	23.2	22.8	26.0	21.5

年間を通して、外気温度の年間較差が5℃近くある状況で、各スラブ温度の年間較差は5℃以内に収まっている。

ヒートブリッジの発生箇所の温度は今回の検証では測定していないが、通常の内断熱建物の場合のコンクリート躯体外壁の温度変化は、外気温相当まで低下するため、伝播による床スラブの温度も相当低下することが分かっている。

外断熱工法は、熱流出を防ぐと同時に、断熱材で覆われたコンクリートが蓄熱材の役割を果たすことになり、室温はその躯体蓄熱により4(1)で述べたところのコンクリート蓄熱が時間遅れで室内に放射される。そのため、ある程度の時間があれば室内熱量が蓄熱されることになって、熱源自体の容量を小さくできる。また、熱源の運転自体もコンクリートスラブの蓄熱状況を把握することによって制御が可能となる。

ただし、冷房の場合は、室温は外気温度以外の要素、すなわちOA機器等の発熱や人員の増減による室内温度の上昇の具合で判断することになる。

5. 検証結果の反映

以上の実測及び検証から得られたコンクリート蓄熱効果とヒートブリッジの解消効果として得られた知見は次のことである。

- ①建物内の温度低下は2℃以下であった。
- ②躯体温度はほぼ一定となっていた。

検証を行う以前の、当該庁舎の空調システム運転状況をBEMSデータから確認したところ、毎朝の運転予熱や長期休暇時の予備運転など従来の内断熱建物と同様の運転が行われていた。上記の知見から室内温度は躯体内に蓄熱される熱量と深い相関関係が確認されたことにより、空調停止期間における室内温度変動幅が非常に小さく、空調起動時間が遅れても室内空気温度は外壁側躯体温度以下には下がらないことから、予熱の要否を判断できることを施設管理者に提案した。

当該庁舎はこの期間に、政府の方針により策定された「政府がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の抑制等のため実行すべき措置について定める計画（政府の実行計画）」を推進中であり、温室効果ガスの削減に向けて削減項目を模索中であった。そこで、空調システムの運転管理に関する提案を実行してその状況を検証した。提案による運用結果が図-6である。

政府の実行計画によるウォームビズ実施による暖房設定温度の管理の影響もあるが、冬季のガス消費量、すなわち暖房用熱源機器（ガス焚き冷温水機及びガス焚きボイラー）の運転時間が減少し、グラフに示す通り1月の厳冬期において30～40%の削減（二酸化炭素換算値）が実行された。

このように、外断熱のもたらす建物の性状を正しく把握し、そのことに応じた空調システム設計や施設管理者に対する運用管理を指導することで、検証の必要性の際に述べたように、環境負荷低減技術の効果を正しく検証し、その効果を有効に活用して、温室効果ガス削減が確実に推進されることになると言える。

6. 結論

外断熱工法は、北海道の厳しい寒さにおいて居住性の確保するためにどのような手段を選ぶかの選択肢のひとつである。冒頭にも述べたように、地球環境保全のための行動としては、現在のところ二酸化炭素などの温室効果ガス排出量の削減が主体となっており、そのために何をどうすると良いのかが問題となっている。

建築物と地球温暖化の関係から、建物の運用段階の二酸化炭素排出量を抑えることが効果的であった。そのためには、できる限り少ない一次エネルギー消費となるシステム作り（ハード及びソフトとも）を図ることが重要である。

参考文献

- 1) 日本建築学会：各産業別の温室効果ガス排出量

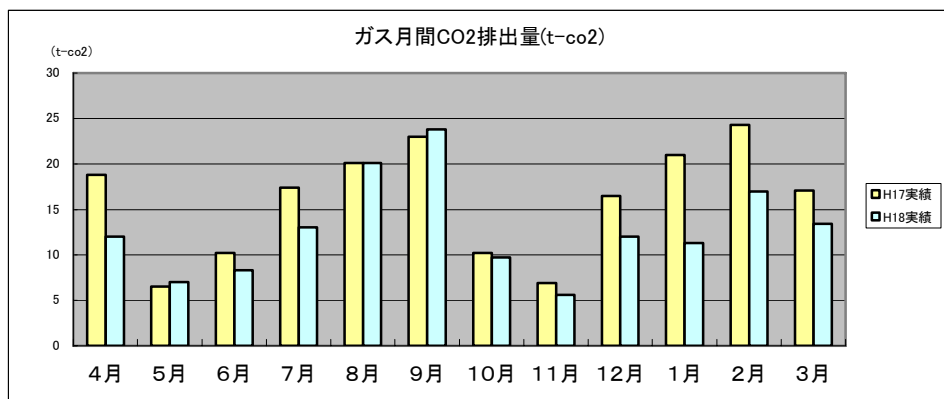


図-6 旭川地方合同庁舎の温室効果ガス削減状況