

青森県環境調和建築設計指針

目次

第1編 青森県環境調和建築設計指針

第1章 総則.....	1
第2章 基本事項.....	2
第3章 環境調和建築設計指針.....	3

第2編 青森県環境調和建築設計指針及び同解説

第1章 総則.....	9
1.1 目的.....	9
1.2 適用範囲.....	10
1.3 用語の定義.....	12
第2章 基本事項.....	14
2.1 基本方針.....	14
2.2 環境調和建築へのアプローチ.....	14
2.3 環境調和建築の評価.....	18
2.4 環境調和建築の計画.....	26
2.4.1 新築計画.....	26
2.4.2 環境性能診断.....	27
2.4.3 改修計画.....	28
第3章 環境調和建築設計指針.....	29
3.1 周辺環境への配慮.....	29
3.2 運用段階の省エネルギー・省資源.....	29
3.2.1 負荷の抑制.....	30
3.2.2 自然エネルギー利用.....	32
3.2.3 エネルギー・資源の有効利用.....	33
3.3 長寿命化.....	35
3.4 エコマテリアルの使用.....	35
3.5 適正使用・適正処理.....	36

第3編 指針策定の経緯

第1章 背景となった計画・指針類	37
1.1 県の関連計画	37
1.2 建築物の環境負荷削減に関する既存の指針類	39
第2章 県有施設におけるCO ₂ 排出の実態	44
2.1 県有施設の機関別面積とCO ₂ 排出量	44
2.1.1 県有施設の機関種別面積	44
2.1.2 県有施設の機関種別エネルギー消費量	44
2.1.3 県有施設の機関種別CO ₂ 排出量	45
2.2 施設別分析	46
2.2.1 県立学校のCO ₂ 排出実態	46
2.2.2 庁舎の施設整備状況とCO ₂ 排出の実態	53
第3章 県有施設の整備状況と環境負荷削減における目標達成の可能性	61
3.1 環境負荷低減の検討	61
3.1.1 青森県内の学校施設の整備状況	61
3.1.2 温室効果ガス削減目標と環境負荷低減の可能性検討	63
3.1.3 学校施設における環境負荷対策水準の検討	67
3.2 庁舎整備による環境負荷低減の検討	71
3.2.1 青森県における庁舎施設の整備状況	71
3.2.2 温室効果ガス削減目標と環境負荷低減の可能性検討	73
3.2.3 庁舎施設整備における環境負荷対策レベルの検討	77
3.3 県有施設全体における環境負荷低減の目標達成の可能性	79
3.3.1 県有施設におけるエネルギー消費量の推移予測	79
3.3.2 県有施設におけるCO ₂ 排出量の推移予測	81
3.3.3 県有施設における環境負荷対策レベルの検討	81

第4編 今後の課題

1. 県有施設整備における環境負荷低減とコスト縮減	85
1.1 青森県地球温暖化防止計画の実効性と財政措置	85
1.2 県有施設におけるファシリティマネジメント（FM）の必要性	86

2. 指針の今後の活用方策（ストックマネジメントへの展開）	88
2.1 EMSに基づくモニタリングの実施	88
2.2 データベースの整備	89
2.3 改修計画（マスタープランの策定）への活用	89

第5編 青森県環境調和建築設計指針技術マニュアル

第1章 計画手順	91
1.1 手順の概要	91
1.1.1 新（改）築の場合	91
1.1.2 改修の場合	91
1.2 環境負荷低減手法選択シート	92
1.3 環境調和建築（指針適合度）チェックリスト	92
第2章 青森県内地域の気象	96
2.1 気象条件の検討	96
2.2 地域区分の把握	97
2.3 青森県気象データ集	98
2.4 県内の主な気象観測点における気候特性	101
第3章 学校に関わる事項	103
3.1 環境負荷低減手法選択シート（学校版）全体構成	103
3.2 選択シートの構成	105
3.2.1 入力シート	105
3.2.2 出力シート	113
3.2.3 様々な計画の比較方法	115
3.3 学校施設における環境調和建築設計の検討例	116
3.3.1 検討方法	116
3.3.2 学校モデルの設定	117
3.3.3 学校モデルによるライフサイクル効果の検討	121
3.4 学校施設における各種環境負荷低減手法と効果	125
3.4.1 教室モデルによる省エネルギー効果の検討	128
3.4.2 校舎モデルによるライフサイクル効果の検討	144
3.4.3 体育館モデルによる温熱環境とエネルギー消費量の検討	155
第4章 庁舎に関わる事項	159

4.1	環境負荷低減手法選択シート（庁舎版）全体構成	159
4.2	選択シートの構成	161
4.2.1	入力シート	161
4.2.2	出力シート	169
4.2.3	庁舎版選択シートの留意点	170
4.2.4	様々なケースの比較	171
4.3	庁舎における環境調和建築設計の検討例	172
4.3.1	検討方法	172
4.3.2	庁舎モデルの設定	173
4.3.3	庁舎モデルによるライフサイクル効果の検討	183
4.4	庁舎における各種環境負荷低減手法と効果	191
4.4.1	環境負荷低減技術要素における検討項目	191
4.4.2	各対策技術の費用対効果	212

参考資料編

- 1 青森県内地域別気象データ集
- 2 環境調和建築設計の先進事例
- 3 環境負荷低減手法選択シート（学校版）
- 4 環境負荷低減手法選択シート（庁舎版）
- 5 環境調和建築チェックシート
- 6 用語解説
- 7 参考文献

第1編 青森県環境調和建築設計指針

第1章 総則

1.1 目的

本指針は、県有建築物を環境調和建築として計画・設計する際の基本的事項を示し、県有建築物整備を通じた地球と地域の持続可能な社会づくりの推進に貢献することを目的とする。

1.2 適用範囲

- (1) 本指針は、県有建築物を適用対象とする。ただし、県営住宅、職員公舎等は除く。
- (2) 本指針は、新築建物並びに既存建物を対象とし、「新築計画時」「改修計画時（運用段階での性能診断を含む）」の各段階において適用する。

1.3 用語の定義

(1) 環境調和建築

本指針において「環境調和建築」とは、建物のライフサイクルを通じて地球環境と共に人の環境に配慮し、持続可能性の向上を目指して次に示す a~d . 4つの理念に基づき計画された、県における環境保全対策の模範となる県有建築物を指す。

a. 地球にやさしい施設づくり

エネルギー、水資源、資材原料等の資源消費やCO₂、フロン、酸性化物質等の排出による環境負荷を抑制し、地球規模の環境と資源利用に配慮した施設づくりを目指す。

b. 地域にやさしい施設づくり

周辺生態系の保全、地形や植生への親和性、地域の水環境保全、景観保存を確保し、地域と敷地周辺の環境に配慮した施設づくりを目指す。

c. ひとにやさしい施設づくり

室内の環境に配慮すると同時に、施設利用者に対して環境インパクトの少ない行動を促す施設づくりを目指す。

d. 財政にやさしい施設づくり

建設コスト、運用管理コスト、解体再利用コスト等に配慮した費用対便益の高い施設を目指す。

(2) 環境負荷低減化

本指針における「環境負荷低減化」は、県有建築物における環境調和を目指した取り組みを指す。

(3) 環境性能診断

本指針における「環境性能診断」は、県有建築物における環境調和に関する性能の診断を指す。

第2章 基本事項

2.1 基本方針

新築及び改修計画にあたっては、環境調和建築の4つの理念に基づく取り組みを通じて、可能な限りライフサイクルにわたる環境負荷と運用コストの縮減を図るとともに、初期投資の増加抑制を図る。

2.2 環境調和建築へのアプローチ

- (1) 環境調和建築の計画・設計にあたっては、「周辺環境への配慮」、「運用段階の省エネルギー・省資源」、「長寿命化」、「エコマテリアルの使用」及び「適正使用・適正処理」の5つの観点から対策を講じる。
- (2) 採用する対策の検討にあたっては、環境調和建築の4つの理念に基づき、青森県に与えられる自然の恩恵が最大限活用できるよう配慮する。
- (3) 良好な室内環境を確保する。
- (4) 建物本来の環境性能が発揮できるよう、運用初期の性能検証を実施する。
- (5) 県有建築物の施設整備においては、事業プロセスを通じた環境教育の実現を図る。

2.3 環境調和建築の評価

環境負荷とコストの低減について、新築計画時、改修計画時において可能な限り定量的・定性的評価を行う。評価にあたっては、運用CO₂排出量、LCCO₂(ライフサイクルCO₂排出量)、IC(イニシャルコスト)、LCC(ライフサイクルコスト)を主たる指標とする。

指標値の算出は、庁舎と学校は「青森県環境負荷低減手法選択シート」による。これ以外の施設は別途検討を行うものとする。

2.4 環境調和建築の計画

2.4.1 新築計画

環境調和建築を新築・改築する場合の計画・設計にあたっては、以下の手順を進める。

建物規模、用途、予算、政策等を勘案し、水準設定を行う。

庁舎及び学校では「環境負荷低減手法選択シート」により、各対策項目について、想定した水準及び指標の目標が達成可能な対策レベルを選定する。その他の施設では、別途検討を行う。

指針の5項目それぞれについて、「環境調和建築チェックシート」に基づき配慮度合いを確認する。

2.4.2 環境性能診断

既存の県有建築物について性能診断するにあたっては、「官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針」に従い、以下の手順を進める。

性能診断は、机上調査により傾向を把握した上で、必要に応じて、温湿度等の測定、ヒアリング調査、図面調査、現地調査を実施する。

既存の実績データ等により、施設のエネルギー使用量や水の消費量を調査、分析し、運用実態を考慮した上で県有建築物の環境に対する配慮度合いを定量的に評価する。

2.4.3 改修計画

改修計画を実施するにあたっては、「官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針」に従い、以下の手順を進める。

環境性能診断の結果をもとに、適用可能な環境負荷低減手法の抽出を行う。

庁舎と学校では「環境負荷低減手法選択シート」により、各対策項目について、想定した水準及び指標値の目標が達成可能な対策レベルを選定する。その他の施設では別途検討を行う。

立地、構造、法的・社会的情勢を考慮して、環境負荷低減手法の採否を決定する。

改修による配慮度合いの改善効果を指針の5項目それぞれについて、「環境調和建築チェックシート」に基づき確認する。

適正な運用管理並びに効果の検証を支援するため、必要な計測システム又は計量システムの採用を検討する。

第3章 環境調和建築設計指針

3.1 周辺計画への配慮

< 共通事項 >

- (1) 施設の配置は、地形の改変を最小限にとどめる等、周辺環境に与える影響の軽減に配慮して計画を行う。
- (2) 施設内外の緑化率を高めること等により、熱負荷の低減、地域生態系の保護・育成、都市気候の緩和等を図る。
- (3) 有害物質の排出を抑制する等、大気、水質、土壌等の周辺環境の汚染防止を図る。
- (4) 敷地周辺の景観保存を図る。

3.2 運用段階の省エネルギー・省資源

3.2.1 負荷の抑制

< 共通事項 >

- (1) 断熱性の高い工法・資材の採用等により、躯体を通した熱負荷の低減を図る。
- (2) 断熱性の高い窓ガラス等の採用により、開口部を通した熱負荷の低減を図る。
- (3) 室内で発生した熱や汚染物質の拡散を抑制し、空調・換気量の低減を図る。
- (4) 建築設備システムの構築においては、エネルギー損失の低減を図る。

< 庁舎に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、環境負荷低減手法「A．断熱仕様」、「B．換気方式」については、下表A．Bに示す対策レベル1～3のいずれかを満たす。

A．断熱仕様

対策レベル	新築	改修
レベル1	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 50mm)	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 50mm)
レベル2	外断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 75mm)	内断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 75mm)
レベル3	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構(AT)サッシ (屋根部 外断熱 100mm)	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構(AT)サッシ (屋根部 外断熱 100mm)

B．換気方式(「A．断熱仕様」に適した性能の対策レベルを選択する。)

対策レベル	新築	改修
レベル1	外気処理なし(第三種機械換気)	外気処理なし(第三種機械換気)
レベル2	全熱交換器経由	外調機+全熱交換器経由

< 学校に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、環境負荷低減手法「A．断熱仕様」、「B．換気方式」

については、下表A・Bに示す対策レベル1～3のいずれかを満たす。

A．断熱仕様

対策レベル	新築	改修
レベル1	内断熱30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシュ (屋根部 外断熱50mm)	内断熱30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシュ (屋根部 外断熱50mm)
レベル2	外断熱50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシュ (屋根部 外断熱75mm)	内断熱50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシュ (屋根部 外断熱75mm)
レベル3	外断熱80mm、複層Low-eガラス、 気密機構(AT)サッシュ (屋根部 外断熱100mm) 体育館の隙間風対策	外断熱80mm、複層Low-eガラス、 気密機構(AT)サッシュ (屋根部 外断熱100mm) 体育館の隙間風対策

B．換気方式(「A．断熱仕様」に適した性能の対策レベルを選択する。)

対策レベル	新築・改修
レベル1	全熱交換器経由(普通教室のみ)
レベル2	全熱交換器経由

3.2.2 自然エネルギー利用

< 共通事項 >

県内の気候特性をもとに適用可能な地域を判断しながら、以下(1)～(3)の対策を講じる。

- (1) 自然光の積極的活用により、照明負荷の低減を図る。
- (2) 自然通風の積極的活用により、冷房負荷の低減を図る。
- (3) 太陽光発電、太陽熱給湯、外気冷房等自然エネルギーの利用を図る。地中熱、雪氷熱の利用を検討する。

C．自然エネルギー系発電設備

対策レベル	新築・改修
	太陽光発電装置、風力発電装置の導入(レベルによらず導入規模を個別に検討する)

3.2.3 エネルギー・資源の有効利用

< 共通事項 >

- (1) エネルギーの有効、かつ効率的な利用を図る。冬期の融雪設備の熱源は排熱や地中熱（地熱・温泉など）の活用を検討する。
- (2) 施設部位に応じた運転制御方式により、搬送エネルギーの最小化を図る。
- (3) 高効率照明器具の採用、施設部位に応じた点灯方式等により、照明エネルギーの最小化を図る。
- (4) 雨水又は排水処理水を施設の雑用水の一部として利用すると同時に、各種節水システムの採用を検討する。
- (5) 信頼性が高く、適正な運転管理が可能な管理システムを構築することにより、施設で消費されるエネルギーが必要最小限となるよう検討する。施設の運用を通じて、施設利用者（執務者、生徒、一般利用者など）に対して環境教育に活用できる施設づくりを目指す。

< 庁舎に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、下表D・Eに示す対策レベル1～3のいずれかを満たす。

D．照明方式

対策レベル	新築・改修
レベル1	Hf型蛍光灯
レベル2	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御

E．空調制御方式

対策レベル	新築・改修（冷房あり）	改修（冷房なし）
レベル1	C A V制御（単一ダクト+ファンコイル式）	ファンコンベクター、風量制御あり
レベル2	V A V制御（単一ダクト+ファンコイル式）	
レベル3	V A V制御（単一ダクト+全空気式）	

< 学校に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、下表D・Eに示す対策レベル1、2のいずれかを満たす。

D．照明方式

対策レベル	新築・改修
レベル1	Hf型蛍光灯
レベル2	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御

E．空調制御方式

対策レベル	新築・改修
レベル1	ファンコンベクター、風量制御あり

3.3 長寿命化

< 共通事項 >

- (1) 階高・床面積・床荷重等にゆとりを持たせることにより、内部機能の変化に柔軟に対応可能で、維持管理が容易になるよう検討する。
- (2) 耐久性・耐震性等に優れた建築材料・工法の活用により、建築物の長寿命化を図る。
- (3) 維持管理・更新が容易である等の合理的耐久性を有する設備機器・システムの採用を図る。

3.4 エコマテリアルの使用

< 共通事項 >

- (1) 環境負荷の少ない自然材料等の採用を図る。
- (2) 熱帯林の減少に配慮し、熱帯材型枠の使用の合理化等を図る。
- (3) 地元の産業から大量に排出される副産物の再利用及びリサイクル材の採用を図る。
- (4) 個々の資機材の更新が容易となるように、分解が容易な材料、モジュール材料等の採用を図る。

3.5 適正使用・適正処理

< 共通事項 >

- (1) 建設副産物の発生抑制及び再利用を図る。
- (2) 環境負荷の大きい物質を使用した資機材の使用抑制及び適切回収を図る。
- (3) 建物運用時の廃棄物を適切に処理できるシステムの採用を図る。

第2編 青森県環境調和建築設計指針及び同解説

第1章 総則

1.1 目的

本指針は、県有建築物を環境調和建築として計画・設計する際の基本的事項を示し、県有建築物整備を通じた地球と地域の持続可能な社会づくりの推進に貢献することを目的とする。

(解説)

地球温暖化、オゾン層の破壊など地球規模での環境問題が顕在化している今日、環境負荷低減へのあらゆる分野でのきめ細かい配慮が求められている。本指針は、表1に示すような施策を背景に、これらと整合するものとして策定された。

これまで国においては、「環境配慮型官庁施設(グリーン庁舎)計画指針(平成11年4月国土交通省)」、「官庁施設の環境配慮診断・改修(グリーン診断・改修)計画指針(平成12年12月国土交通省)」、「環境を考慮した学校施設(エコスクール)整備指針(平成8年5月文部科学省)」を始め、官庁施設や学校施設を対象とした指針を策定、運用し、環境配慮施設整備のために役立てている。

本県においては、「青森県環境計画(平成10年5月)」、「青森県地域新エネルギービジョン(平成12年2月)」が策定され、また、オフィス活動における行動計画として「地球にやさしい青森県行動プラン(平成12年10月)」が運用開始したところである。さらに、本庁知事部局の「ISO14001環境マネジメントシステム(平成13年3月認証取得)」が稼働し、平成13年4月には、「青森県地球温暖化防止計画」が策定され、具体的な数値目標の設定がなされたところである。

これらの計画においては、建築物が環境に与える影響が大きいことから、施設整備についての環境配慮指針や新エネルギーの県有建築物などへの率先導入が打ち出されているなど、建築物の建設、管理などにあたっての配慮が位置付けられており、一連の取り組みが求められている。

また、積雪寒冷地である本県の厳しい自然環境を克服するため、断熱化の工法・材料の選択や効率的な暖冷房設備の採用等による省エネルギーに取り組んできたところであるが、さらなる環境負荷低減を推進するためには、自然エネルギーや新エネルギーの活用、建設副産物発生量の抑制及び再生資源の利用促進に対する配慮などを含めた建築物のライフサイクル全般に及ぶ整備手法の体系化が必要となっている。

表1 背景となる主な計画・指針

	名称(策定年)	策定者
a.	青森県地球温暖化防止計画(平成13年4月)	青森県
b.	青森県地域新エネルギービジョン(平成12年2月)	青森県
c.	青森県公共工事コスト縮減対策に関する新行動計画(平成13年3月)	青森県
d.	環境配慮型官庁施設(グリーン庁舎)計画指針(平成11年4月)	国土交通省
e.	エコスクール整備指針(平成8年5月)	文部科学省
f.	官庁施設の環境配慮診断・改修(グリーン診断・改修)計画指針(平成12年12月)	国土交通省

一方、厳しい財政状況から、公共施設整備については、より一層のコスト縮減対策として「青森県公共工事コスト縮減対策に関する新行動計画（平成 13 年 3 月）」に基づく具体的な取り組みが求められている。

そのため、今後本県の県有建築物が環境に配慮すべき計画上の留意事項や設計上の具体的手法について多角的な検討を行い、「青森県環境調和建築設計指針」として地球と人の環境に配慮した県有建築物を計画・設計する際の基本的事項を示し運用することによって、環境対策技術の率先的な導入を図り、一層の技術向上に資することを目的とする。

さらに、この指針が県内の公共施設のみならず一般施設づくりに活用され、地球環境保全に寄与することを期待するものである。

1.2 適用範囲

- (1) 本指針は、県有建築物を適用対象とする。ただし、県営住宅、職員公舎等は除く。
- (2) 本指針は、新築建物並びに既存建物を対象とし、「新築計画時」「改修計画時（運用段階での性能診断を含む）」の各段階において適用する。

（解説）

（ 1 ）適用対象となる県有建築物

適用対象となる県有建築物を表 2 に示す。適用分類は、「庁舎」「学校」「その他」とし、

「庁舎」とは、本庁舎、合同庁舎、出先庁舎（教育庁含む）、県警本部庁舎、警察署等を含む施設を指し、病院、運動施設を除く。

「学校」は、教育庁が管轄する県立学校を指し、普通高校、専門高校（商業科、工業科、農業科、その他職業に関する専門学科を有する高校）、盲学校、聾学校、養護学校を含む。

「その他」は、「庁舎」「学校」に含まれない施設とする。

なお、県営住宅、職員公舎等は本指針の適用外とする。

表 2 適用対象となる県有建築物

用途	適用分類	内訳	備考
福祉厚生施設	庁舎	精神保健施設、自立センター等	
研究生産施設	庁舎	試験場、大学校等	
文化社会施設	庁舎	図書館等	
事務所・業務施設	庁舎	本庁舎、合同庁舎、保健所、県警本部、警察署等	駐在所、派出所除く
教育施設	庁舎	自然の家、県立大学、訓練校、消防学校等	
	学校	普通高校、専門高校、盲学校、聾学校、養護学校	
医療施設	その他	県立病院	
運動施設	その他	県立体育館等	

県営住宅、職員公舎等については本指針適用外

(2) 適用対象となる施設計画

図1に示すように、環境調和建築を計画する際には、「新築計画時」「改修計画時(性能診断含む)」の各段階において、指針に示される配慮事項に照らして環境負荷低減の度合いを確認し、対策を講じることにより、ライフサイクルを通じた環境負荷低減を目指す。

さらに、ライフサイクルを通じ環境への悪影響をできる限り抑えるには、工事完了後、運用実績のモニタリングから性能検証(コミショニング)を実施し、計画時に目標とした環境負荷の削減が図れたかどうか検証することが不可欠となる。運用段階においても同様に、運用実績への診断実施を通じて、効果的な運用の改善や、性能回復・改善のための改修(省エネ改修など)に反映させることが重要である。

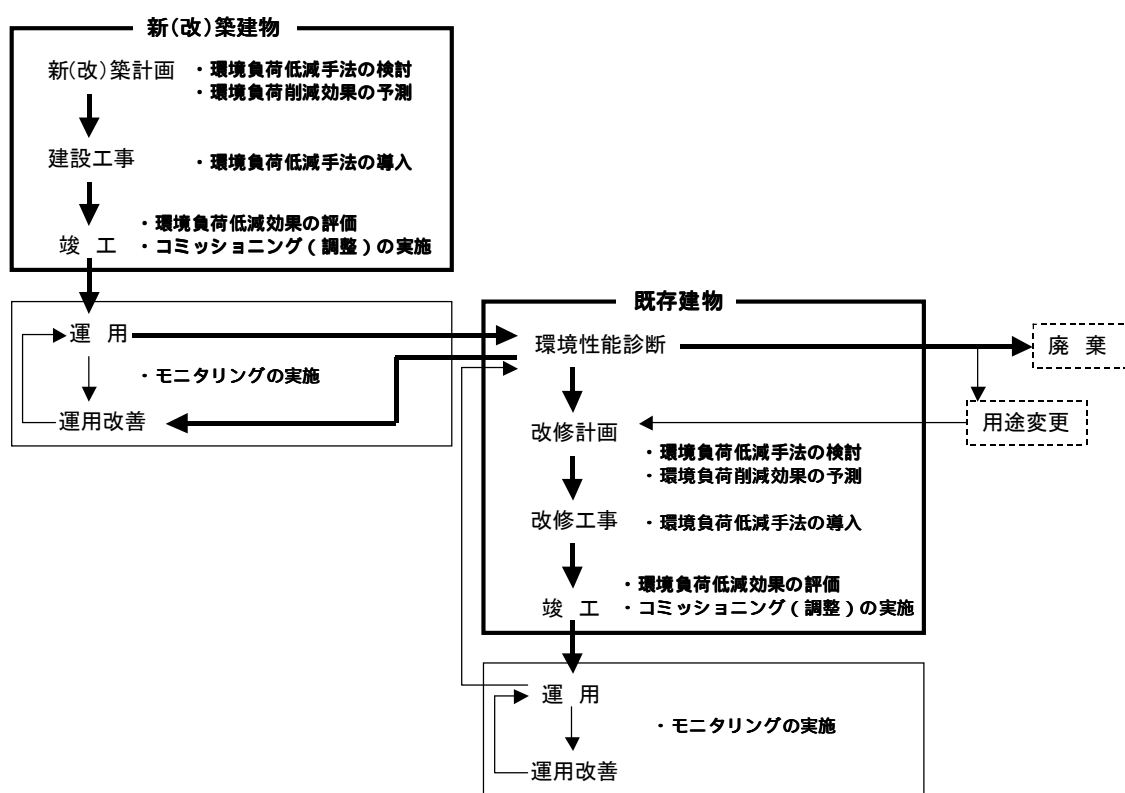


図1 建築物のライフサイクルと環境調和建築設計指針の適用範囲(太枠内)

このような取り組みを通じた最適な施設の運用、すなわちストックマネジメントはコスト削減に繋がるものである。さらには、時代の変化に伴って、県民サービスに対するニーズも変化することから、用途変更も視野に入れ、県有建築物全体を含めたFM(ファシリティ・マネジメント)を推進するための技術的基盤(評価軸の確立)の整備へと発展してゆく取り組みとして位置づけられるものである。

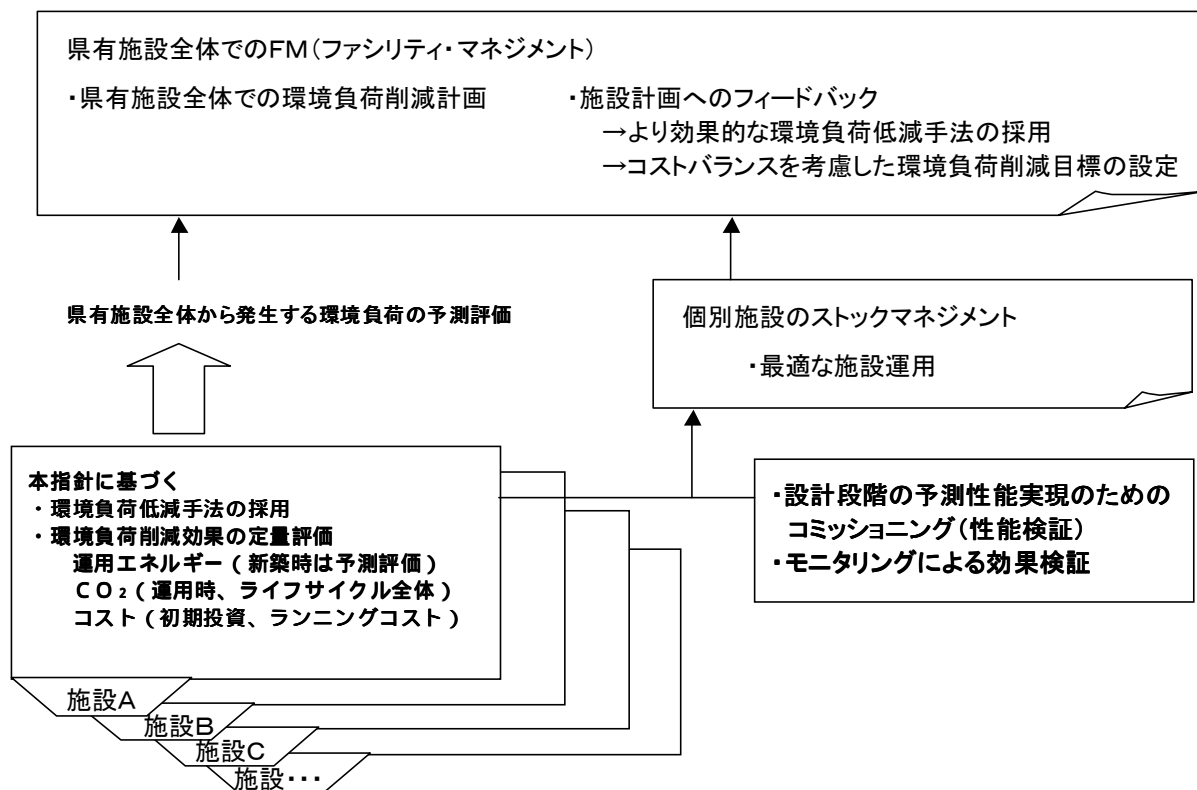


図 2 県有建築物整備における指針の位置づけ

1.3 用語の定義

(1) 環境調和建築

本指針において「環境調和建築」とは、建物のライフサイクルを通じて地球環境と共に人の環境に配慮し、持続可能性の向上を目指して次に示す a～d . 4つの理念に基づき計画された、県における環境保全対策の模範となる県有建築物を指す。

a. 地球にやさしい施設づくり

エネルギー、水資源、資材原料等の資源消費や CO₂、フロン、酸性化物質等の排出による環境負荷を抑制し、地球規模の環境と資源利用に配慮した施設づくりを目指す。

b. 地域にやさしい施設づくり

周辺生態系の保全、地形や植生への親和性、地域の水環境保全、景観保存を確保し、地域と敷地周辺の環境に配慮した施設づくりを目指す。

c. ひとにやさしい施設づくり

室内の環境に配慮すると同時に、施設利用者に対して環境インパクトの少ない行動を促す施設づくりを目指す。

d. 財政にやさしい施設づくり

建設コスト、運用管理コスト、解体再利用コスト等に配慮した費用対便益の高い施設を目指す。

(2) 環境負荷低減化

本指針における「環境負荷低減化」は、県有建築物における環境調和を目指した取り組みを指す。

(3) 環境性能診断

本指針における「環境性能診断」は、県有建築物における環境調和に関する性能の診断を指す。

(解説)

(1) 環境調和建築

環境調和建築は、図 3 に示すように、それぞれ県有建築物における向上を目指して、指針に示された 4 つの理念に基づき取り組むものである。

(2) 環境負荷低減化

「環境配慮型官庁施設（グリーン庁舎）計画指針（平成 11 年 4 月）」における「グリーン化」と同義であり、環境調和建築の 4 つの理念に基づき、県有建築物における持続可能性の向上を目指した取り組みを指す。

(3) 環境性能診断

「官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針（平成 12 年 12 月）」における「グリーン診断」と同義であり、環境調和建築の 4 つの理念に基づき、県有の既存建物における持続可能性の向上に関わる取り組みを指す。

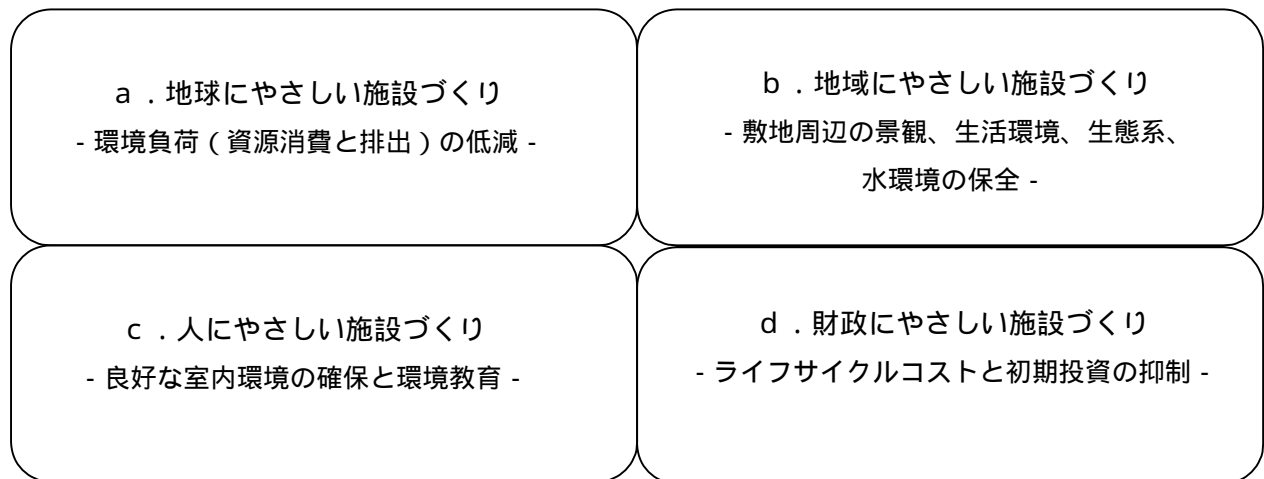


図 3 環境調和建築の 4 つの理念

第2章 基本事項

2.1 基本方針

新築及び改修計画にあたっては、環境調和建築の4つの理念に基づく取り組みを通じて、可能な限りライフサイクルにわたる環境負荷と運用コストの縮減を図るとともに、初期投資の増加抑制を図る。

(解説)

環境調和建築として建物を新築、または既存建物の改修を行う際は、環境負荷削減と、コスト削減のバランスに配慮した計画を行う。また、ライフサイクル全体の環境負荷の中で、建物の運用エネルギー消費に起因するCO₂排出は大きな割合を占めており、その低減はLCCO₂縮減に大きく寄与すると共に、運用コスト削減にも繋がるものである。すなわち、環境調和建築の4つの理念に向けた取り組みは、自然環境などの県固有の事情を考慮のうえ、

- ・ LCCO₂ (ライフサイクルCO₂排出量) 削減及びLCC (ライフサイクルコスト) 縮減を図る。
- ・ 運用CO₂排出量の削減を図る。
- ・ 同時に建設コスト(初期投資; IC)の増加抑制を行う。

2.2 環境調和建築へのアプローチ

- (1) 環境調和建築の計画・設計にあたっては、「周辺環境への配慮」、「運用段階の省エネルギー・省資源」、「長寿命化」、「エコマテリアルの使用」及び「適正使用・適正処理」の5つの観点から対策を講じる。
- (2) 採用する対策の検討にあたっては、環境調和建築の4つの理念に基づき、青森県に与えられる自然の恩恵が最大限活用できるよう配慮する。
- (3) 良好な室内環境を確保する。
- (4) 建物本来の環境性能が発揮できるよう、運用初期の性能検証を実施する。
- (5) 県有建築物の施設整備においては、事業プロセスを通じた環境教育の実現を図る。

(解説)

(1) 環境調和建築の計画・設計の具体的手法として、環境配慮型官庁施設(グリーン庁舎)計画指針(平成11年4月/国土交通省)に示される「周辺環境への配慮」、「運用段階の省エネルギー・省資源」、「長寿命化」、「エコマテリアルの使用」及び「適正使用・適正処理」の5項目の観点(以下、「グリーン化指針の5項目」)により、環境負荷低減対策を講ずる。

なお、計画にあたっては、グリーン化指針の5項目それぞれについて、本指針に基づき配慮度合いを確認する。本指針は、この5項目それぞれについて適用する建物の用途に従い、以下のようにそれぞれ環境調和建築を実現するための配慮事項を示す。

< 共通事項 >	本指針の適用対象となる県有建築物全てに適用される配慮事項
< 庁舎に関わる事項 >	本指針の適用対象となる県有建築物のうち、庁舎に適用される配慮事項
< 学校に関わる事項 >	本指針の適用対象となる県有建築物のうち、学校に適用される配慮事項

(2) 対策の検討にあたっては環境調和建築の4つの理念に照らし、表3に示す項目を重点配慮事項とした。青森県の地域特性に配慮し、青森県にふりそそぐ太陽、青森県にふる雨、青森県に吹く風、青森県の大地の熱、青森県の一日の寒暖差、青森県で育つ植物などといった、**青森県に与えられる自然の恩恵**を最大限活用することを原則とする。活用する場合は、県内の各地域の気候特性、エネルギー変換効率、使用目的、設備機器等の能力の設定に考慮する。

自然エネルギーは電気に変換せずできるだけそのまま使う(自然エネルギーの直接利用)

<例> 太陽のダイレクトゲイン、雨水浸透・利用、自然通風、ナイトバージ

電気に変換する場合はPC等電化製品使用時などには安定性が要求されるため、定常使用動力補助(ポンプ、排気ファン)、ピークカットなどの補助的な用途に限定する。

県産材を活用する。

<例> 木材、石材、貝、わら

設備システムの省力化、簡素化を促す建築システムを追求する。

<例> 外断熱、蓄熱システム

うまく使う。

<例> ライトシェルフ、アトリウムや階段室を利用した自然換気のシステム化、地下躯体を利用したクールヒートトンネル、システムの意匠・デザイン化(システムを形に表す)

表3 本指針における重点配慮事項

グリーン化指針5項目 (国土交通省/グリーン庁舎計画指針)	環境調和建築の4つの理念			
	a.地球にやさしい 施設づくり	b.地域にやさしい 施設づくり	c.ひとにやさしい 施設づくり	d.財政にやさしい 施設づくり
1. 周辺環境への配慮		<ul style="list-style-type: none"> ・周辺の生活環境 ・景観 ・周辺生態系 ・地域の水循環 		
2. 運用段階の省エネルギー・省資源 (下線;「環境負荷低減手法」としてさらに詳細な対策レベルを検討、選択する。)	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱仕様 ・設備(空調・照明・換気)システムの高効率化 ・<u>自然エネルギー利用</u> ・<u>自動制御</u> ・建築システムと設備システムの適合 	<ul style="list-style-type: none"> ・雪氷熱利用 ・地熱利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・温熱環境 ・換気量の確保 ・システム制御性 ・環境教育 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備システムの高効率化/省力化 ・適正運転
3. 長寿命化	<ul style="list-style-type: none"> ・高耐久資材 			<ul style="list-style-type: none"> ・機能耐久性 ・更新容易性 ・建設コスト
4. エコマテリアルの使用	<ul style="list-style-type: none"> ・再生資源の活用 ・自然材料等 ・グリーン調達 	<ul style="list-style-type: none"> ・県産材の活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・有害化学物質の回避 	
5. 適正使用・適正処理	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材のフロン ・建設副産物抑制 	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物発生抑制 		<ul style="list-style-type: none"> ・解体再利用

(3) 健康に配慮した良好な室内環境を確保するよう配慮する。特に学校の計画においては、以下に示される対策を講じる。

冬期の校舎内の温度差解消

冬期間の教室の適温確保については、窓面積が大きい学校の特性から、窓や断熱材等の断熱性能や気密性能によって大きく左右される。更に、廊下が非暖房のために冷気がすきま風となって進入し、局部的な寒さと不快感を与える原因となっている。教職員アンケート調査からは、教室と廊下に代表される校舎内の暖房、非暖房エリアの温度変動が激し過ぎると指摘された。

青森県営繕設備設計要領では、新築の場合、教室 20、廊下 18 を設計値としているが、既存校舎の改善の場合には、これらの温度ムラを解消するための改修手法を考慮しつつ、室温設定とは別な指標として、校舎内では教室と廊下の間での温度差が4度以内を目安として、設計を行うことが望ましい。体育館や昇降口など当然に温度差が想定される部分と建具等で仕切り、温度領域を明確にする措置をとることが重要である。

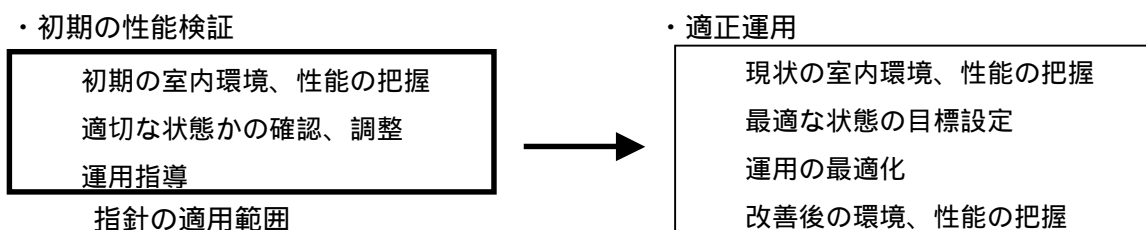
冬期の体育館の室温確保

冬期間の体育館の温度については、大空間であることから適温確保が非常に難しい。暖房設備を設ける体育館について青森県営繕設備設計要領では、授業での身体運動機能を損なわず、けがを防止する程度の室温として10を設計値としている。集会目的の場合の基準値は特に設定されていないが、アンケート調査では、体育館の望ましい温度について、県立高校では「底冷えしない程度」と答えた教員の平均温度は16.2となっており、概ね15を確保することが望まれる。体育館の場合は、空気を暖めるのは効率的ではなく、輻射熱等で足元を冷やさないことが体感温度を高める点で有効である。したがって、冷気進入を抑え床下を活用する等により床の表面温度を一定に保つことで改善が図られる。

換気の確保

換気に伴う熱損失を最小限に抑えるよう配慮しながら、教室内の炭酸ガス濃度が1500ppm(学校環境衛生の基準)以下となるよう、十分な換気量が確保できる設計を行うことが望ましい。実際に、41人の換気量を確保するためには、直接外気を取り入れる場合、相当な熱損失が生じることになる。既存校舎の場合は、気積の大きい廊下を活用し、による校舎内の温度差の解消と併せ改善することが有効な解決策のひとつである。

(4) 環境調和建築において環境負荷低減が実現されるには、設計時において意図した性能が発揮されていることが必須条件である。性能検証とは、使用されている環境が最適な状態に制御維持されているか、また、効率よく運用されているかを確認することである。なお、本指針においては初期の性能が発揮されているかの検証を対象とし、手順は次のとおりである。



性能が発揮されないケースとして、次のような場合が挙げられる。一つは施設整備側と施設維持管理側の意志疎通が不十分で、機器類の操作の仕方について情報の伝達が確実に行われない場合である。このことにより、設計意図が正確に伝達されずに誤った設備操作などの運用が行われることとなる。もう一つは、設計時あるいは建設時に設定された所定の性能を発揮しているか、十分な検証がないまま施設の使用を開始、使い続けられている場合である。また、施設利用者による室内環境に対する要求等（温熱感の個人差による室温設定強化や、騒音のため自然通風が行われないなど）複雑な要素もある。

検証意図は、単にエネルギー削減のみを目的とするものではない。建築物の設計意図を的確に反映し、浪費抑制と快適性の向上をめざすものである。

（５）環境教育に資する事業プロセス

学校建築は、教育・学習活動を目的とする施設である以上、整備事業自体が目的化してはならない。したがって、環境配慮型の整備事業において、環境教育に資することは重要なテーマである。

スパイラルで持続可能なプロセスの構築

整備事業は、施設完成とともに終了する一過性のものだが、環境マネジメントシステムは事業終了後の持続的な取り組み体制を構築していく手法として有効である。大切なのは、ISO 取得そのものではなく、環境方針を定め PDCA サイクル（計画-実施-点検-見直し）によって、環境に対する取り組みを螺旋状に発展・向上させる組織的なプロセス管理である。

オフィス活動を行う庁舎と教育・学習活動を行う学校は、施設目的や活動内容が根本的に違うため、環境方針についても異なるのが当然であり、各学校の教育目標や活動内容に適応したものでなければならない。したがって、運営面のみならず教育面からのアプローチが必要であり、環境教育との結びつきが重要となってくる。

青森県知事部局では ISO 14001 を取得し環境マネジメントシステムを稼働させている。また、全国の学校では、環境マネジメントを実施している事例も見受けられることから、今後は県立学校への展開も考えられる。

プロセスへの参加から環境教育への展開

これまでの事業プロセスは、造り手側である整備関連部局が中心的役割を果たしてきたが、使い手側である教職員・生徒の意見を積極的に取り入れ、整備に反映する動きが出てきている。これら整備事業への使用者参加は、完成後のスムーズな利用や運営等の効果が期待でき、また、施設整備において、教職員・生徒の生活の場としての検討あるいは社会教育・専門教育の生きた教材として活用に繋がるなど、事業プロセスにおける教職員・生徒の参加の実例として意義深い。

施設整備を契機としたネットワークを形成し、さらに一歩進めて、環境教育を中心にした教科間の連携ネットワークへと発展させるプロセスが、学校全体が組織的に行う環境教育カリキュラムの舞台づくりとなる。

2.3 環境調和建築の評価

環境負荷とコストの低減について、新築計画時、改修計画時において可能な限り定量的・定性的評価を行う。評価にあたっては、運用 CO₂ 排出量、LCCO₂（ライフサイクル CO₂ 排出量）、IC（イニシャルコスト）、LCC（ライフサイクルコスト）を主たる指標とする。

指標値の算出は、庁舎と学校は「青森県環境負荷低減手法選択シート」による。これ以外の施設は別途検討を行うものとする。

（解説）

評価指標

環境調和建築の計画・設計にあたっては、あらゆる環境負荷の低減に配慮する必要があるが、特に地球温暖化については、本指針策定の背景となっている「青森県地球温暖化防止計画（平成13年4月）」、「青森県地域新エネルギービジョン（平成12年2月）」等、本県においても重要性の高い課題として取り組むべきものである。建築物においては、地球温暖化の主要因である二酸化炭素（CO₂）の発生量が非常に多いこと、また「青森県地球温暖化防止計画（平成13年4月）」や京都議定書における CO₂ 削減目標については、主に施設の運用に伴うエネルギー消費に起因する CO₂ がその対象となることから、運用 CO₂ 排出量を主たる指標として採用し、併せて LCCO₂ を指標とした。なお、CO₂ 排出量の削減は、エネルギーや資源の消費抑制を通じて図られる。従って、資源の枯渇や熱帯林の減少など、温暖化防止以外の環境保全対策にも繋がるものである。

一方、コスト縮減については、一般的に環境に配慮した施設整備を行った場合、ライフサイクルコストは抑制される傾向があるものの、建築コストが増加するトレードオフの関係にあり、初期投資における財政負荷とのバランスを保つことも社会的要請となっている。そのため、IC（イニシャルコスト）と LCC（ライフサイクルコスト）の両者を指標として採用することとし、LCCO₂ と併せて評価を行う。

評価の範囲

評価にあたっては、新築計画時と改修計画時におけるそれぞれの評価範囲を図4に示す。各々の対象範囲について、以下のとおりとする。

- ・ **新築計画**； 竣工後の運用、改修、廃棄に関わる評価は、予測評価とする。
- ・ **改修計画**； 改修前の既存建物での環境負荷及びコストは評価対象外とし、改修時及び改修後の運用に関わるものだけを対象とする。改修工事後の運用、廃棄に関わる部分の評価は予測評価の範囲とする。

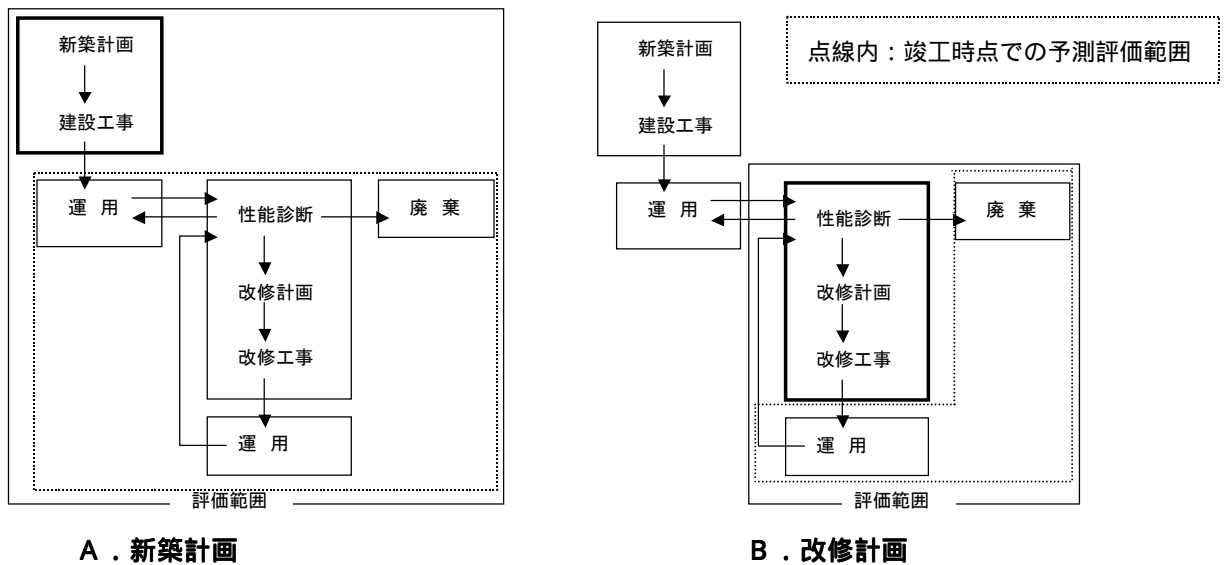


図 4 評価範囲の設定

指標値の算出

庁舎及び学校については、本指針 3 章では表 4 に示される各建築・設備種目を、定量評価に関わる環境負荷低減手法として掲げた。C を除く A～E の各項目については、対策の度合いに応じて対策レベルを設定し、具体的な手法が示されている。各指標値は、表 4 に挙げられた環境負荷低減手法の採否（例；太陽光発電など）または対策レベルを選択する（例；断熱の工法、厚さなど）ことにより算出する。

実際の計算は、庁舎については「青森県環境負荷低減手法選択シート（庁舎版）」、学校では「青森県環境負荷低減手法選択シート（学校版）」を用いて行う。（「第 5 編 青森県環境調和建築設計指針技術マニュアル 第 3 章 学校に関わる事項、第 4 章 庁舎に関わる事項」参照）

その他の施設（病院、運動施設等）については、計画に応じて個別に検討を行う。

表 4 定量評価に関わる環境負荷低減手法

	建築・設備種目	環境負荷低減手法
A .	断熱仕様	高気密・高断熱
B .	換気方式	全熱交換器
C .	自然エネルギー系発電設備	太陽光・風力発電
D .	照明方式	昼光利用制御、初期照度補正
E .	空調制御方式	VAV制御、インバーター制御

各指標の目標値（庁舎及び学校）

庁舎と学校の各指標の目標値は、庁舎・学校別、新築・改修計画別、水準別に、それぞれ表 5、表 6 に示す値とする。

各施設の指標値は、設定水準に対応する目標値を満たすよう、計画の内容や条件等を勘案しながら、

各配慮項目での環境負荷低減手法の採否を検討し決定する。

なお、目標値の計算条件として、庁舎の新築計画では冷房設備があり、それ以外は全て冷房設備がない設定としている。

各水準の適用については、「水準1」「水準2」の2段階（改修計画の場合は、「水準3」を加えた3段階）とし、次による。

・新築計画の場合

水準1：今後整備対象となる新築建物の全てにおいて原則的に適用する水準であり、ほぼ従来どおりのイニシャルコストの範囲内において環境負荷低減手法を導入し、示された LCCO₂ 削減率と運用に伴う CO₂ 排出量削減率を実現することが期待される水準を示す。

水準2：今後整備対象となる新築建物のうち、特に環境調和型建物として重点整備する建物に適用する水準であり、イニシャルコスト約5%増加の範囲内において、環境負荷低減手法を導入し、示された LCCO₂ 削減率と運用に伴う CO₂ 排出量削減率を実現することが期待される水準を示す。

学校の場合は、水準1から水準2に上がるに従い、環境負荷が低減されると同時に、温熱環境の改善など、より快適な室内環境の実現を目指す。

表 5 新築計画における目標値

指 標 (耐用年数 50 年設定)	庁 舎 (冷房あり)		学 校	
	水 準 1	水 準 2	水 準 1	水 準 2
運用 CO ₂ 排出量	- 10 %	- 15 %	- 25 %	- 35 %
LCCO ₂	- 5 %	- 10 %	- 10 %	- 15 %
LCC	- 1 %	- 2 %	- 1 %	- 1 %
IC	+ 2 %	+ 4 %	+ 1 %	+2 %

目標値は 2002 年の施設整備水準による新築と比較した場合の増減率 (%) で表している。

・改修計画の場合

水準1：今後整備対象となる改修建物の全てにおいて原則的に適用する水準であり、LCC（残寿命 25 年相当）が増加しない範囲で環境負荷低減手法を導入し、示された LCCO₂ 削減率と運用に伴う CO₂ 排出量削減率を実現することが期待される水準を示す。

水準2：今後整備対象となる改修建物のうち、特に環境調和型建物として重点整備する建物に適用する水準であり、LCC（残寿命 25 年相当）が増加しない範囲で環境負荷低減手法を導入し、示された LCCO₂ 削減率と運用に伴う CO₂ 排出量削減率を実現することが期待される水準を示す。

学校の場合は、水準1から水準2に上がるに従い、環境負荷が低減されると同時に、温熱環境の改善など、より快適な室内環境の実現を目指す。なお、水準2は改修対象となる施

設に対して大幅なシステム変更を伴う場合が想定される。従って、既存施設の構造などの条件によっては適用が困難な場合があるので、留意する。

水準3：長寿命化を図る目的で改修を行う場合に適用する水準（残寿命50年相当）であり、高度な断熱仕様を採用して省エネルギーによる大幅な運用CO₂の削減を図る。同時に、建物の寿命延長によるイニシャルコストや廃棄物の低減などにより、ライフサイクル全体でのLCC、LCCO₂の削減を期待する。

表 6 改修計画における目標値

指 標	庁 舎 (括弧内；想定残寿命)			学 校 (括弧内；想定残寿命)		
	水 準 1 (25 年)	水 準 2 (25 年)	水 準 3 (50 年)	水 準 1 (25 年)	水 準 2 (25 年)	水 準 3 (50 年)
運用 CO ₂ 排出量	- 30%	- 40%	- 45%	- 40%	- 50%	- 60%
LCCO ₂	- 20%	- 30%	- 40%	- 20%	- 30%	- 45%
LCC	- 1%	- 2%	- 10%	- 1%	- 2%	- 20%
IC	+15%	+20%	+40%	+10%	+10%	+20%

目標値は 1980 年の施設整備水準の仕様による改修と比較した場合の増減率(%)で表している。

目標値に対応する対策レベル

各水準での目標値は、庁舎モデル及び学校モデルにおけるシミュレーション結果（第 5 編技術マニュアル第 3 章 3.3.3、第 4 章 4.3.3）に基づき設定されたものであるが、建物全体として各指標の目標値を達成するには、環境負荷低減手法における様々な対策レベルの組み合わせが可能である。

次表に、表 4 に掲げられた建築・設備種目 A～E それぞれについて、目標値に対応する対策レベルの代表的な組み合わせを示す。

・新築計画

	庁 舎(冷房あり)			学 校		
	現行水準 (参考)	水準 1	水準 2	現行水準 (参考)	水準 1	水準 2
A．断熱仕様	レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 1	レベル 2	レベル 3
B．換気方式	レベル 1	レベル 2	レベル 2	レベル 1	レベル 2	レベル 2
D．照明方式	レベル 1	レベル 2	レベル 2	レベル 1	レベル 2	レベル 2
E．空調制御方式	レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 1	レベル 1	レベル 1

・改修計画

	庁舎			学校		
	水準1	水準2	水準3	水準1	水準2	水準3
A．断熱仕様	レベル1	レベル2	レベル3	レベル1	レベル2	レベル3
B．換気方式	レベル1	レベル2	レベル2	レベル1	レベル2	レベル2
D．照明方式	レベル1	レベル2	レベル2	レベル1	レベル2	レベル2
E．空調制御方式	レベル1	レベル1	レベル1	レベル1	レベル1	レベル1

上表による対策レベルの組み合わせを施した場合のシミュレーション結果を図5、6に示す。

ここでは、1990年当時（京都議定書における温室効果ガス削減目標の基準年にあたる）の施設整備水準を基準とし、指標値の比較を行っている。

新築計画では、1990年当時の施設整備水準に従った計画を「1990年水準」、現行（2002年）の施設整備水準を適用した場合の試算結果を「現行水準」としている。目標値の設定においては、「現行水準」を基準値（±0%）に置き換えている。

改修計画では、改修前の水準（1980年整備水準相当）が1990年当時における既存建物の水準であるとして比較している。

なお、IC（イニシャルコスト）に関しては、建築・設備種目別の増加率の内訳を、棒グラフとして示した。

また、各水準における具体的な建築・設備仕様は、表7、8に示すとおりである。

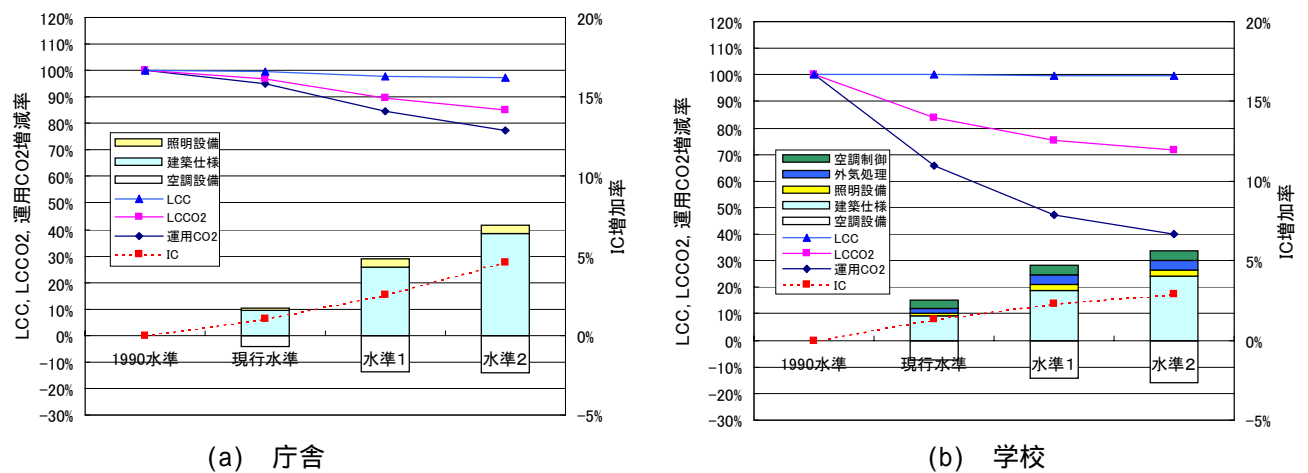


図5 各水準における指標値の試算（新築計画）

注）「空調設備」は熱源機器の容量縮小に伴う減額分により、マイナスとなる。

庁舎については、「外気処理」「空調制御」の項目は、「空調設備」に含めた評価として表現されている。

表 7 試算に用いた各水準における建築・設備仕様（新築計画）

水準	庁舎				学校			
	1990年水準	現行水準	水準1	水準2	1990年水準	現行水準	水準1	水準2
断熱仕様	内断熱30mm、単層G、普通サッシ (屋根部外断熱50mm)	内断熱30mm、複層G、気密パッキンサッシ (屋根部外断熱50mm)	外断熱50mm、複層G、気密パッキンサッシ (屋根部外断熱75mm)	外断熱80mm、複層Low-eG、気密機構(AT)サッシ (屋根部外断熱100mm)	内断熱30mm、単層G、普通サッシ (屋根部外断熱50mm)	内断熱30mm、複層G、気密パッキンサッシ (屋根部外断熱50mm)	外断熱50mm、複層G、気密パッキンサッシ (屋根部外断熱75mm)	外断熱80mm、複層Low-eG、気密機構(AT)サッシ (屋根部外断熱100mm) 体育館の隙間風対策
外気処理方法 (換気方式)	なし (第3種機械換気方式)	なし (第3種機械換気方式)	全熱交換器経由	全熱交換器経由	なし (第3種機械換気方式)	全熱交換器経由(普通教室のみ)	全熱交換器経由	全熱交換器経由
照明方式	一般蛍光灯	Hf型蛍光灯	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用抑制	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用抑制	一般蛍光灯	Hf型蛍光灯	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用抑制	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用抑制
空調方式	CAV制御 (単一ダクト+ファンル式)	CAV制御 (単一ダクト+ファンル式)	VAV制御 (単一ダクト+ファンル式)	VAV制御 (単一ダクト+全空気式)	ファンパター制御なし	ファンパター風量制御有り	ファンパター風量制御有り	ファンパター風量制御有り

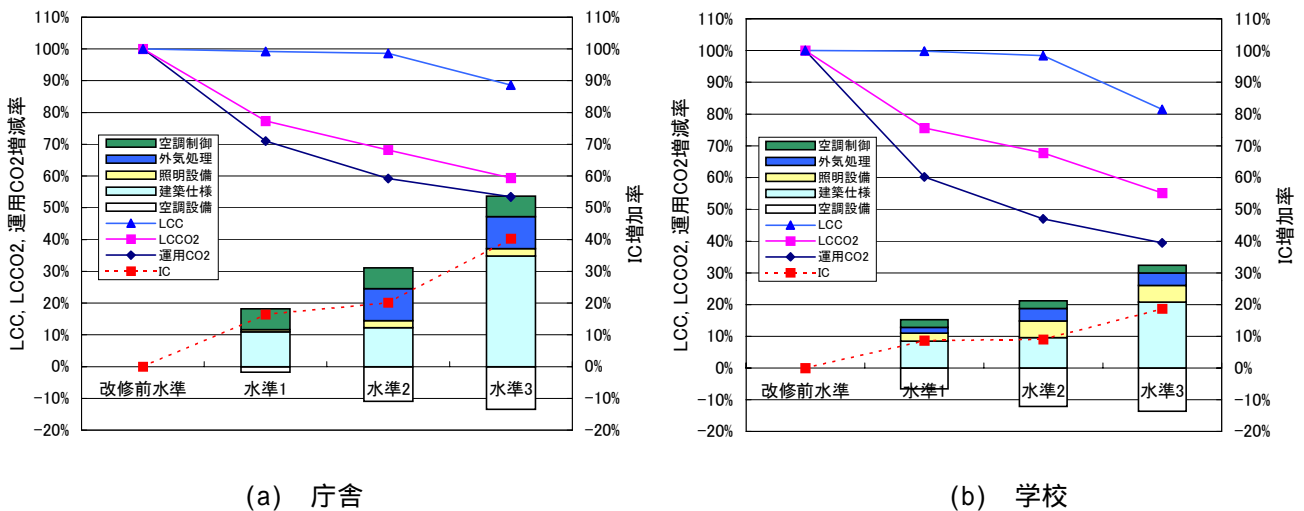


図 6 各水準における指標値の試算（改修計画）

注)「空調設備」は熱源機器の容量縮小に伴う減額分により、マイナスとなる。

表 8 試算に用いた各水準における建築・設備仕様（改修計画）

水準	庁舎				学校			
	改修前水準 (1980年 水準相当)	水準1	水準2	水準3	改修前水準 (1980年 水準相当)	水準1	水準2	水準3
断熱仕様	内断熱20mm、 単層G、 単層サッシ (屋根部 外断熱30mm)	内断熱30mm、 複層G、 気密パッキン サッシ (屋根部 外断熱50mm)	内断熱50mm、 複層G、 気密パッキン サッシ (屋根部 外断熱75mm)	外断熱80mm、 複層Low-eG、 気密機構(AT) サッシ (屋根部 外 断熱100mm)	内断熱25mm、 単層G、 普通サッシ (屋根部 外 断熱40mm)	内断熱30mm、 複層G、 気密パッキン サッシ (屋根部 外断熱50mm)	内断熱50mm、 複層G、 気密パッキン サッシ (屋根部 外断熱75mm)	外断熱80mm、 複層Low-eG、 気密機構(AT) サッシ (屋根部 外 断熱100mm) 体育館の隙間 風対策
外気処理方法 (換気方式)	なし (第3種 機耐換気方式)	なし (第3種 機耐換気方式)	外調機+ 全熱交換器 経由	外調機+ 全熱交換器 経由	なし (第3種 機耐換気方式)	全熱交換器 経由 (普通教室の み)	全熱交換器 経由	全熱交換器 経由
照明方式	一般蛍光灯	Hf型蛍光灯	Hf型蛍光灯、 初期照度補正、 昼光利用制御	Hf型蛍光灯、 初期照度補正、 昼光利用制御	一般蛍光灯	Hf型蛍光灯	Hf型蛍光灯、 初期照度補正、 昼光利用制御	Hf型蛍光灯、 初期照度補正、 昼光利用制御
空調方式	ファンパター 制御なし	ファンパター 風量制御有り	ファンパター 風量制御有り	ファンパター 風量制御有り	ファンパター 制御なし	ファンパター 風量制御有り	ファンパター 風量制御有り	ファンパター 風量制御有り
長寿命化	なし(残寿命 25年)	なし(残寿命 25年)	なし(残寿命 25年)	あり(残寿命 50年)	なし(残寿命 25年)	なし(残寿命 25年)	なし(残寿命 25年)	あり(残寿命 50年)

目標値を満足する場合の投資効果

前述 で用いた試算条件(エネルギー費や工事単価など)を適用した場合の、LCC増減額(新築計画；50年積算値、改修計画；25年積算値)とIC増減額、CO₂を年間1kg削減するのに必要な初期投資増額分を次に示す。

例えば新築計画の場合、庁舎(水準2)では初期投資が発生する年次に、一時的に9,050円/m²の支出増が生じるが、建物の寿命全体(この場合、50年)で見るとこの増額分は全て回収可能であり、その上で23,800円/m²の節約が可能であることを示している。改修計画の場合も同様に、11,500円/m²の初期投資の増額に対して、新築に比べて額は少ないものの、ライフサイクルでは5,760円/m²の節約が可能である。この投資回収年数は、新築の場合15年、改修の場合は13年となる。(注；LCCはICも含んだ上での評価指標である)

また、この条件では寿命をそれぞれ、新築建物では50年、改修建物では25年と設定しているが、より長く使いつづけることで更なる節約が期待できる。改修計画の水準3の場合、残寿命50年を前提にした改修において高断熱を施すことにより、庁舎では一時的なイニシャルコストの増加が23,000円/m²となるが、ライフサイクルでは、46,000円/m²(25年積算値)の節約が見込まれる。この投資回収年数は24年となる。

$$\text{単純投資回収年数} = \text{IC増加額} / \text{運用エネルギー低減にともなう年間のランニングコスト削減額}$$

・新築計画

(耐用年数 50 年設定)	庁 舎		学 校	
	水 準 1	水 準 2	水 準 1	水 準 2
LCC 増減額 50 年分 (円/m ²)	- 19,300	- 23,800	- 920	- 1,880
IC 増減額 (円/m ²)	+ 3,860	+ 9,050	+ 2,310	+ 3,630
投資回収年数 (年)	10	15	19	25
CO ₂ を年間 1kg 削減するの に必要な初期投資増額分 (円/1 kg- CO ₂ /年)	300	433	487	546

LCC 増減額 ; IC 増減分も見込んだ上でのライフサイクルの節約額。

・改修計画

	庁 舎			学 校		
	水 準 1	水 準 2	水 準 3	水 準 1	水 準 2	水 準 3
LCC 増減額 25 年分 (円/m ²)	- 3,400	- 5,760	- 46,000	- 230	- 3,000	- 35,700
IC 増減額 (円/m ²)	+ 9,400	+ 11,500	+ 23,000	+ 4,570	+ 4,790	+ 9,900
投資回収年数 (年)	15	13	24	23	16	30
CO ₂ を年間 1kg 削減するの に必要な初期投資増額分 (円/1 kg- CO ₂ /年)	255	223	349	433	343	504

LCC 増減額 ; IC 増減分も見込んだ上でのライフサイクルの節約額。

なお、水準 3 の LCC 増減額 (25 年分) は 50 年分積算額を 2 分の 1 とした額。

2.4 環境調和建築の計画

2.4.1 新築計画

環境調和建築を新築・改築する場合の計画・設計にあたっては、以下の手順で進める。

建物規模、用途、予算、政策等を勘案し、水準設定を行う。

庁舎及び学校では「環境負荷低減手法選択シート」により、各対策項目について、想定した水準及び指標の目標が達成可能な対策レベルを選定する。その他の施設では、別途検討を行う。

指針の5項目それぞれについて、「環境調和建築チェックシート」に基づき配慮度合いを確認する。

(解説)

具体的な計画フローを図7に示す。実際に計画を進めるにあたっては、庁舎と学校については「環境負荷低減手法選択シート」により、各種環境負荷低減手法とその採用に伴うコストを大まかに把握し、計画の骨組みを決定するとともに、指針の5項目それぞれについて、環境調和建築チェックシートに基づき配慮度合いを確認する。その他の施設では、計画に応じて個別に定量的な検討を行う。

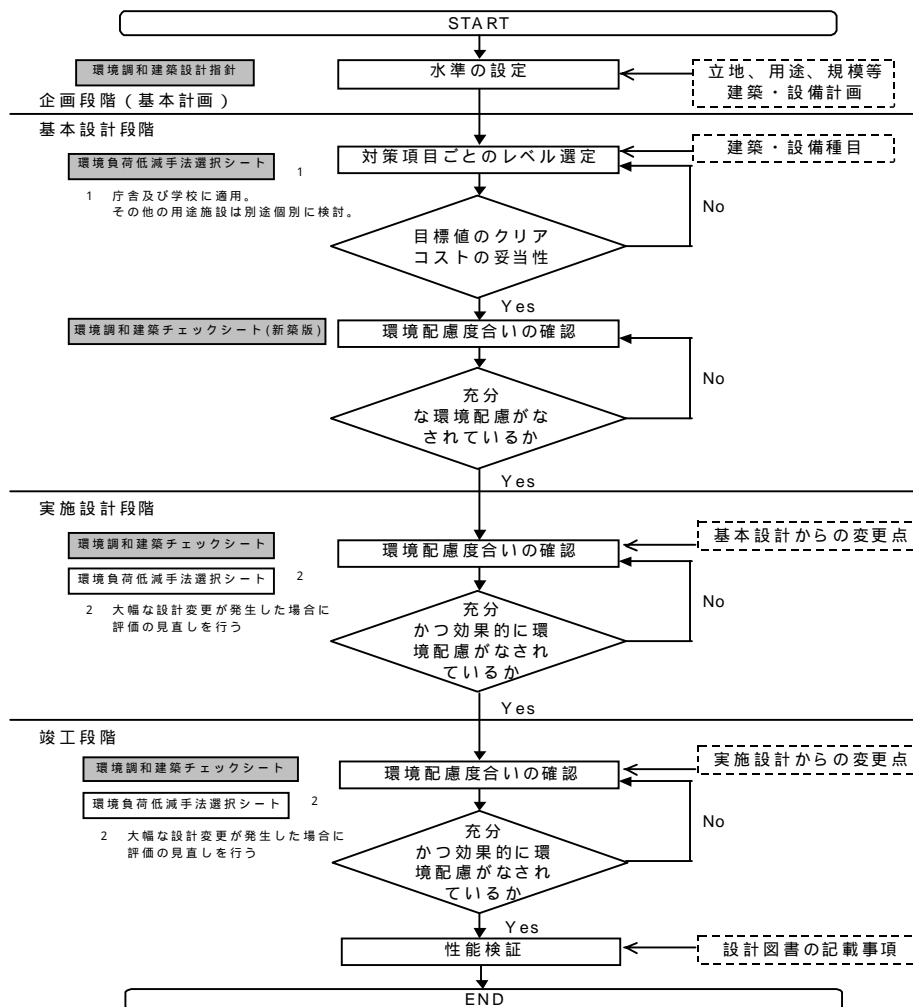


図 7 新築計画のフロー

2.4.2 環境性能診断

既存の県有建築物について性能診断するにあたっては、「官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針」に従い、以下の手順で進める。

性能診断は、机上調査により傾向を把握した上で、必要に応じて、温湿度等の測定、ヒアリング調査、図面調査、現地調査を実施する。

既存の実績データ等により、施設のエネルギー使用量や水の消費量を調査、分析し、運用実態を考慮した上で県有建築物の環境に対する配慮度合いを定量的に評価する。

（解説）

ここでの主目的は、エネルギー多消費の傾向を把握するとともに、室内環境の確保について確認を行うことである。具体的な手順のフローを図8に示す。詳細は、官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針（平成12年3月）「グリーン診断の計画」による。

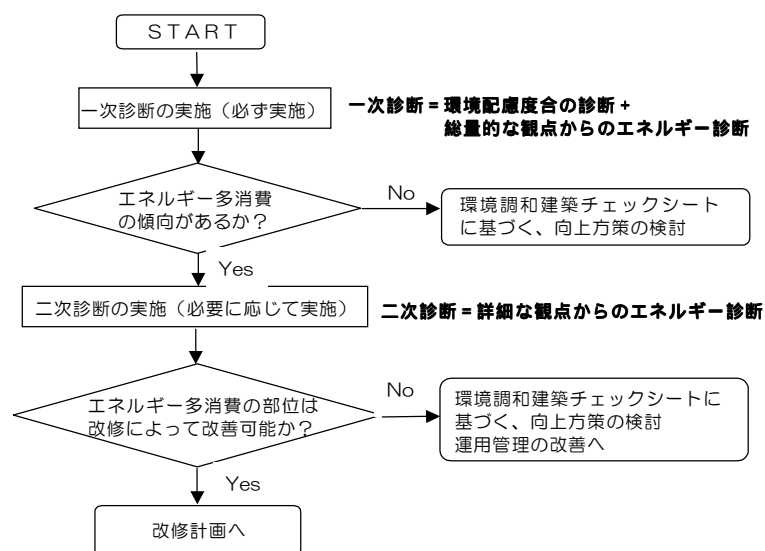


図8 環境性能診断フロー（「グリーン診断・改修計画指針」一部改変）

（1）一次診断

本指針では施設の環境配慮度合いを「環境調和建築チェックシート」を利用して把握する。エネルギー多消費の傾向の有無について、エネルギー種別の総量的なデータ（取引メーターでの月別消費量など）から検討を行う。

（2）二次診断

用途別のエネルギー消費量の推定値を求め、建物全体でのエネルギー消費の内訳を作成することを目的としている。エネルギー消費の内訳を作成することで効果的な環境負荷削減方策の抽出・選定が可能になるため、予算が限られた改修計画のような場合に用いられる。一方、全般的に老朽化が著しい建物では、いずれの部位も数年以内に改修することが予想されるため、このような場合は、一次診断のみによって各部位の改修方策を立案することが可能である。

2.4.3 改修計画

改修計画を実施するにあたっては、「官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針」に従い、以下の手順で進める。

環境性能診断の結果をもとに、適用可能な環境負荷低減手法の抽出を行う。

庁舎と学校では「環境負荷低減手法選択シート」により、各対策項目について、想定した水準及び指標値の目標が達成可能な対策レベルを選定する。その他の施設では別途検討を行う。

立地、構造、法的・社会的情勢を考慮して、環境負荷低減手法の採否を決定する。

改修による配慮度合いの改善効果を指針の5項目それぞれについて、「環境調和建築チェックシート」に基づき確認する。

適正な運用管理並びに効果の検証を支援するため、必要な計測システム又は計量システムの採用を検討する。

（解説）

改修計画の全体フローを図9に示す。詳細は、官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針「グリーン改修の計画」による。については、残存年数の想定を検討したうえで、保全システムの必要性についても検討することが望ましい。庁舎と学校については「環境負荷低減手法選択シート」により、各種環境負荷低減手法とその採用に伴うコストを大まかに把握し、計画の骨組みを決定する。その他の施設では、計画に応じて個別に定量的な検討を行う。

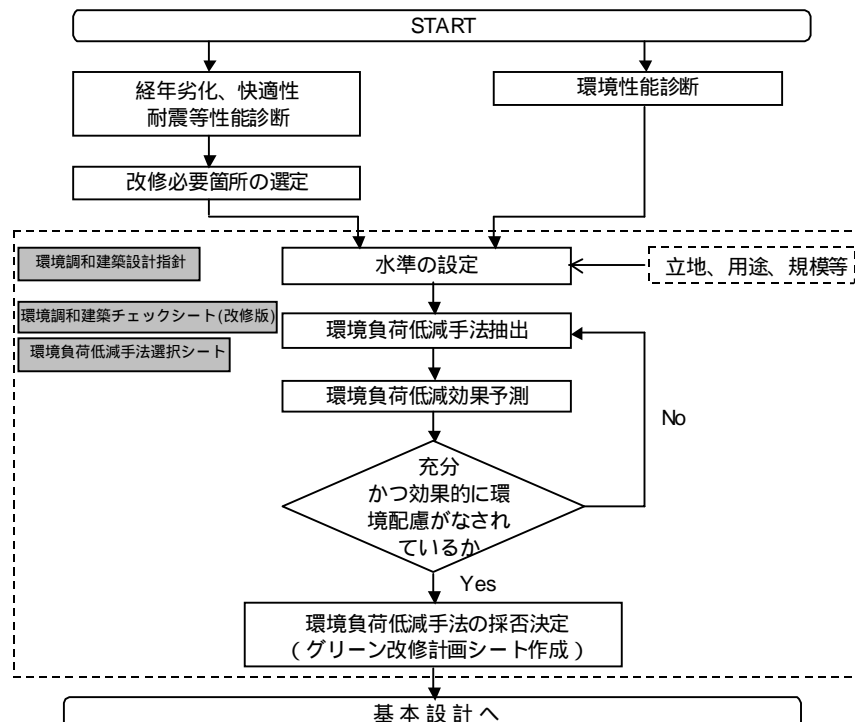


図9 改修計画における環境負荷低減手法の選択フロー（「グリーン診断・改修計画指針」一部改変）

第3章 環境調和建築設計指針

- (1) 本章は、環境調和建築を計画・設計する際に検討すべき環境負荷低減手法とその基本的な考え方を、< 共通事項 >、< 庁舎に関わる事項 >、< 学校に関わる事項 > のそれぞれについて解説する。具体的な採用にあたっては、地域性、経済性、環境負荷低減効果、施策的意義、技術的成熟度を総合的に判断し、適切なものとなるよう十分検討を行う。
- (2) 本章では、青森県環境調和建築での重点配慮項目(表3)に関する事項について(解説)している。グリーン化指針の各項目に関して、詳細は環境配慮型官庁施設(グリーン庁舎)計画指針(平成11年4月)「第3章 グリーン化指針」(解説)による。

3.1 周辺環境への配慮

< 共通事項 >

- (1) 施設の配置は、地形の改変を最小限にとどめる等、周辺環境に与える影響の軽減に配慮して計画を行う。
- (2) 施設内外の緑化率を高めること等により、熱負荷の低減、地域生態系の保護・育成、都市気候の緩和等を図る。
- (3) 有害物質の排出を抑制する等、大気、水質、土壌等の周辺環境の汚染防止を図る。
- (4) 敷地周辺の景観保存を図る。

(解説)

(1) 地域生態系の保全

既存の地形や植生の改変を出来る限り避け地元種植栽を導入するなど、景観や周辺の生物環境の保全にも留意する。

(2) 都市気候緩和、地下水涵養

透水性舗装や雨水調整、植栽散水等への雨水利用と節水など、地域の水循環の保全にも配慮した建物計画をおこなう。

(3) 周辺環境の汚染防止

敷地周辺への大気汚染、水質汚濁の原因物質の排出抑制、騒音、日照、局地風などに配慮するほか、周辺の自動車交通量の緩和のため自転車通勤・通学を促す計画(駐輪場、更衣・シャワー室等の確保)を検討するなど、周辺の生活環境保全に十分配慮する。

(4) 景観の保全

敷地周辺のまちなみに配慮し、景観保護に配慮した外観、外構計画に努める。

3.2 運用段階の省エネルギー・省資源

運用段階の省エネルギー・省資源に向けた対策は、「3.2.1 負荷の抑制」「3.2.2 自然エネルギーの利用」「3.2.3 エネルギー・資源の有効利用」の3項目である。ここでは、満たすべき水準(水準1、2または3)を達成するための対策項目として、表9に示す建築・設備種目A~E(C除く)について、それぞれ「対策レベル」が設定されている。

対策レベルは、「環境負荷低減手法選択シート」に従って満たすべき水準を達成できるよう、選択可能な組み合わせの中から選択を行い、決定する。対策レベルの考え方を以下に示す。

- ・ **新築計画の場合**；レベル1・・・現行（2002年）における施設整備水準を満たすレベル
レベル2、3・・・採用により、レベル1よりも高い環境負荷低減効果が期待できるレベル
- ・ **改修計画の場合**；レベル1、2・・・採用により、既存建物の現状に従った改修計画よりも環境負荷低減と室内環境改善の効果が期待できるレベル
レベル3・・・長寿命化を意図した改修計画において採用するレベル。
採用により、水準3の達成が期待できるレベル

表 9 本項で対策レベルの設定されている環境負荷低減手法

	建築・設備種目	環境負荷低減手法	該当する項目
A.	断熱仕様	高气密・高断熱	負荷の抑制
B.	換気方式	全熱交換器等	負荷の抑制
C.	自然エネルギー系発電設備	太陽光・風力発電	自然エネルギー利用
D.	照明方式	昼光利用制御	(自然エネルギー利用)
		初期照度補正	エネルギー・資源の有効利用
E.	空調制御方式	VAV制御、インバータ制御	エネルギー・資源の有効利用

3.2.1 負荷の抑制

< 共通事項 >

- (1) 断熱性の高い工法・資材の採用等により、躯体を通した熱負荷の低減を図る。
- (2) 断熱性の高い窓ガラス等の採用により、開口部を通した熱負荷の低減を図る。
- (3) 室内で発生した熱や汚染物質の拡散を抑制し、空調・換気量の低減を図る。
- (4) 建築設備システムの構築においては、エネルギー損失の低減を図る。

< 庁舎に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、環境負荷低減手法「A.断熱仕様」、「B.換気方式」については、下表A. Bに示す対策レベル1～3のいずれかを満たす。

A. 断熱仕様

対策レベル	新築	改修
レベル1	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 50mm)	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 50mm)
レベル2	外断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 75mm)	内断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 75mm)

レベル3	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構 (AT) サッシ (屋根部 外断熱 100mm)	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構 (AT) サッシ (屋根部 外断熱 100mm)
------	--	--

B．換気方式（「A．断熱仕様」に適した性能の対策レベルを選択する。）

対策レベル	新築	改修
レベル1	外気処理なし（第三種機械換気）	外気処理なし（第三種機械換気）
レベル2	全熱交換器経由	外調機+全熱交換器経由

< 学校に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、環境負荷低減手法「A．断熱仕様」、「B．換気方式」については、下表A．Bに示す対策レベル1～3のいずれかを満たす。

A．断熱仕様

対策レベル	新築	改修
レベル1	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 50mm)	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 50mm)
レベル2	外断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 75mm)	内断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ (屋根部 外断熱 75mm)
レベル3	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構 (AT) サッシ (屋根部 外断熱 100mm) 体育館の隙間風対策	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構 (AT) サッシ (屋根部 外断熱 100mm) 体育館の隙間風対策

B．換気方式（「A．断熱仕様」に適した性能の対策レベルを選択する。）

対策レベル	新築・改修
レベル1	全熱交換器経由（普通教室のみ）
レベル2	全熱交換器経由

（解説）

< 共通事項 >

青森県特有の気候特性に配慮、またはこれを活用し、建築設備の負荷抑制にとって最も効果的な手法を検討する。

（1）外壁、屋根、床の断熱

特に厳しい寒冷地であることに十分留意し、外断熱も含めた検討を行う。断熱を強化することにより設備システムの省力化・容量縮小が期待されるため、イニシャルコストやランニングコスト（最大電力消費量の削減など）の低減につながるよう十分に配慮する。（第5編技術マニュアル参照）

なお、長寿命化を目的とした機能改修などを行う際には、特に対策レベル3（外断熱改修）の採用も

検討する。

(2) 窓の断熱、高気密化

建物の開口部では、高断熱ガラス（複層ガラス）や高気密サッシ、二重サッシなどを採用し熱損失を抑えるよう、計画を行う。（第5編技術マニュアル参照）

なお青森県では庇の効果を検討する場合、年間の空調にかかるエネルギー消費量にとって、冬期の日射の取り入れによる暖房エネルギーの削減の方が、夏季の日射遮蔽に対して有利となる傾向がある。従って、夏期における窓面での日射遮蔽については、冬期、夏期ともに有利となるよう、ブラインドなどの建築と一体でない手法が検討対象として挙げられる。空調エネルギー以外の負荷削減にも配慮したデザイン（昼光利用を促す窓周りの形状など）も勘案しながら検討を行う。

次節の「自然エネルギー利用」も参照

(3) 局所空調・局所排気

良好な室内の空気環境の確保に努め、十分な換気量を確保するとともに、全熱交換器をはじめとする熱回収設備や分煙、局所排気など、換気に伴う熱損失を最小にするよう配慮した換気計画を行う。（第5編技術マニュアル参照）

3.2.2 自然エネルギー利用

< 共通事項 >

県内の気候特性をもとに適用可能な地域を判断しながら、以下(1)～(3)の対策を講じる。

- (1) 自然光の積極的活用により、照明負荷の低減を図る。
- (2) 自然通風の積極的活用により、冷房負荷の低減を図る。
- (3) 太陽光発電、太陽熱給湯、外気冷房等自然エネルギーの利用を図る。地中熱、雪氷熱の利用を検討する。

C. 自然エネルギー系発電設備

対策レベル	新築・改修
	太陽光発電装置、風力発電装置の導入（レベルによらず導入規模を個別に検討する）

(解説)

< 共通事項 >

青森県内における県有建築物の設計にあたっては、特に厳しい寒冷地であることに十分留意し、最も効果的な手法を検討する。

(1) 自然採光

トップライトやハイサイドライト、ライトシェルフなど、自然採光に有効な手法の導入を検討する。

(2) 自然通風

- ・夏期の冷房負荷を削減するため、夜間通風による建物の冷却効果を高めるようナイトパーズの採用を検討する。（第5編技術マニュアル参照）
- ・年間の空調期間を短縮するよう、中間期の自然通風を促す。開口の位置や、窓まわりの通風口デザインを検討する。

(3) 自然エネルギー利用

以下のような自然エネルギーの利用について、活用を検討する。

- ・地域の気象条件を考慮し、太陽光発電装置、風力発電装置の導入を検討する。(第5編技術マニュアル参照)
- ・クールヒートトレンチ、井水利用など、地中熱、井水熱を利用した外気の予熱・予冷や、ヒートポンプの採用を検討する。(第5編技術マニュアル参照)
- ・日射のダイレクトゲインが促されるよう、建築的な工夫を検討する。年間の空調にかかるエネルギー消費量にとって、青森県の場合、冬期の日射の取り入れによる暖房エネルギーの削減の方が、夏期の日射遮蔽に対して有利となる傾向がある。そのため庇の効果については、冬期の日射の取り入れに有利な形状や、空調エネルギー以外の負荷削減にも配慮したデザイン(昼光利用を促す窓周りの形状など)も勘案しながら検討を行う。
- ・冬期の積雪を活用し、冷気・冷熱を取り出して冷熱源として活用する。更には、長期貯蔵により夏期の冷房熱源とする。

3.2.3 エネルギー・資源の有効利用

< 共通事項 >

- (1) エネルギーの有効、かつ効率的な利用を図る。冬期の融雪設備の熱源は排熱や地中熱(地熱・温泉など)の活用を検討する。
- (2) 施設部位に応じた運転制御方式により、搬送エネルギーの最小化を図る。
- (3) 高効率照明器具の採用、施設部位に応じた点灯方式等により、照明エネルギーの最小化を図る。
- (4) 雨水又は排水処理水を施設の雑用水の一部として利用すると同時に、各種節水システムの採用を検討する。
- (5) 信頼性が高く、適正な運転管理が可能な管理システムを構築することにより、施設で消費されるエネルギーが必要最小限となるよう検討する。施設の運用を通じて、施設利用者(執務者、生徒、一般利用者など)に対して環境教育に活用できる施設づくりを目指す。

< 庁舎に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、下表D・Eに示す対策レベル1～3のいずれかを満たす。

D. 照明方式

対策レベル	新築・改修
レベル1	Hf型蛍光灯
レベル2	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御

E. 空調制御方式

対策レベル	新築・改修(冷房あり)	改修(冷房なし)
レベル1	CAV制御(単一ダクト+ファンコイル式)	ファンコンベクター、風量制御あり
レベル2	VAV制御(単一ダクト+ファンコイル式)	
レベル3	VAV制御(単一ダクト+全空気式)	

< 学校に関わる事項 >

「共通事項」に示される対策を講じるとともに、下表D・Eに示す対策レベル1、2のいずれかを満たす。

D．照明方式

対策レベル	新築・改修
レベル1	H f 型蛍光灯
レベル2	H f 型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御

E．空調制御方式

対策レベル	新築・改修
レベル1	ファンコンベクター、風量制御あり

(解説)

(1) エネルギーの効率的利用

冬期の融雪設備の熱源は、排熱や地中熱(地熱・温泉など)の活用を検討する。

(2) 負荷平準化

負荷平準化を通じて機器の省力化、容量縮小を図り、ランニングコスト、イニシャルコストの低減につなげる。以下を検討する。

- ・冷房設備を導入する場合、空調熱源の選定に当たっては、熱負荷特性、維持管理形態等のバランスに配慮したうえで、蓄熱式の採用を検討する。(第5編技術マニュアル参照)
- ・建物の室用途、熱負荷特性を考慮し、潜熱蓄熱、躯体蓄熱等の採用を検討する。

(3) 照明エネルギーの最小化

- ・高効率照明器具、高周波点灯型安定器、高効率の反射板等の採用を検討する。
- ・適正な照度設定に努める。
- ・初期照度補正機能を用いて必要照度に抑制し、電力消費を低減することを検討する。
- ・照明制御システムの採用に努める。
- ・昼光に連動して照明を制御する自動調光システムの採用を検討する。

(4) 水資源の有効利用

建物規模、建物用途、地域性等を考慮したうえで、排水再利用システム及び雨水利用システムの採用に努める。

(5) 最適運用

- ・庁舎の用途、規模等に応じた自動制御・中央監視システムの充実に努め、エネルギーの合理的・効率的な利用を可能とする。
- ・建物の運用を通じて、建物利用者(執務者、生徒、一般利用者など)に対して環境教育に活用できる施設づくりを目指す。

3.3 長寿命化

< 共通事項 >

- (1) 階高・床面積・床荷重等にゆとりを持たせることにより、内部機能の変化に柔軟に対応可能で、維持管理が容易になるよう検討する。
- (2) 耐久性・耐震性等に優れた建築材料・工法の活用により、建築物の長寿命化を図る。
- (3) 維持管理・更新が容易である等の合理的耐久性を有する設備機器・システムの採用を図る。

(解説)

老朽化に伴う仕上げ材や機器の更新が困難にならないよう配慮し、改修コストの削減に繋げる。

(1) ゆとりの確保

建築資材、設備機材の補修、更新、維持管理等を効率的に実施するため、適切な作業スペースを確保するとともに、将来的な用途変更や高機能化に対応する階高や床面積のゆとりの確保に努める。

将来的な集密書架やコンピュータ等の設置に対応するため、ゆとりある床荷重の設定に努める。

(2) 建築材料の合理的耐久性

維持・保全にあたり、必要以上の資源やエネルギーが費やされることを防ぐため、長寿命でかつ維持・保全が容易な建築材料の採用に努める。

(3) 設備機器、資材の合理的耐久性

使用環境に適した材料や、点検・部品交換が容易な機材を使用し、更新周期をあわせることにより、補修・更新工事の回数を減らすことに努める。

設備機器の容量、配管やダクトのサイズの増大分の設置スペースを確保する等の対策を検討し、将来的な用途変更や高機能化に供えた計画とする。

3.4 エコマテリアルの使用

< 共通事項 >

- (1) 環境負荷の少ない自然材料等の採用を図る。
- (2) 熱帯林の減少に配慮し、熱帯材型枠の使用の合理化等を図る。
- (3) 地元の産業から大量に排出される副産物の再利用及びリサイクル材の採用を図る。
- (4) 個々の資機材の更新が容易となるように、分解が容易な材料、モジュール材料等の採用を図る。

(解説)

(1) 低環境負荷材料の採用

- ・木材の有効活用を検討する。
- ・県産材を活用する。
- ・室内の良好な空気環境確保のため、ホルムアルデヒド、及びトルエン等の揮発性有機化合物(VOC)を放散しないか、あるいは放散量を抑制した内装材の採用に努める。

(3) 副産物・再生資源

建設産業はもとより、地元の他の産業から大量に生ずる副産物の有効利用により、廃棄物の減量化に努める。

グリーン購入法に基づき青森県が定める調達目標に従い、グリーン調達品目の率先導入に努める。

(4) 分解容易な材料・工法

資機材の更新時における資材、エネルギー等の無駄を排除するため、個々の材料を容易に分解し、部分的に更新可能な構造とするよう努める。解体時の再利用、廃棄コスト削減に配慮する。

3.5 適正使用・適正処理

< 共通事項 >

- (1) 建設副産物の発生抑制及び再利用を図る。
- (2) 環境負荷の大きい物質を使用した資機材の使用抑制及び適切回収を図る。
- (3) 建物運用時の廃棄物を適切に処理できるシステムの採用を図る。

(解説)

(2) 温室効果ガス、オゾン層破壊物質の使用・排出抑制

冷媒、断熱材、消火剤に含まれるフロン・ハロンを回避する。特にフロン発泡した断熱材の使用抑制に努める。

第3編 指針策定の経緯

第1章 背景となった計画・指針類

1.1 県の関連計画

新青森県長期総合プラン（平成9～18年度）は、県政運営の各施策を体系化した最上位の総合計画である。「ニュー・ルネサンス 人間性復活」を基本理念として、4つのキーワード「自然」と生きる・「福祉」を興す・「文化」を耕す・「地域」と輝くを県民総参加により推進することとしている。

この新プランのもと、環境調和型の建築設計指針策定を進めるうえで、整合を保つべき関連計画等の概要を示す。

（1）青森県地球温暖化防止計画（平成13年4月）

青森県の地球温暖化対策の全体像と、県民、事業者、行政の各主体の取り組むべき行動を明らかにした計画として策定された。京都議定書に定められた6種類の温室効果ガスを対象とし、青森県内における2010年の温室効果ガス排出量を1990年比で6.2%削減することを目標としている。また、個別指標として業務系における単位床面積当たりのCO₂排出量44kg-CO₂/年m²を掲げている。また、つぎの4つのメニューを組み合わせた削減シナリオにより目標の達成を目指すものである。

削減シナリオ1（基本メニュー＝＋1.8%）

削減シナリオ2（削減シナリオ1＋県民等自主行動ポテンシャル＝-2.4%）

削減シナリオ3（削減シナリオ2＋政策的削減ポテンシャル＝-4.7%）

削減シナリオ4（削減シナリオ3＋森林による二酸化炭素の吸収＝-6.2%）

基本メニューは、改正省エネ法の適用など既に計画・実施されている対策の徹底、県民等自主行動ポテンシャルは、エコオフィスの実践など県民・事業者の取り組みの促進、政策的削減ポテンシャルは、建築物の断熱化推進など青森県の地域特性から特に積極的に取り組むべき対策の推進、森林による二酸化炭素の吸収は、植林によるCO₂吸収量を算入し青森県の地域特性の一つである森林の育成による対策をあげている。

さらに、削減シナリオを実現するための対策として、二酸化炭素排出抑制を重視しており、発電等部門の排出係数の低減を始め、民生部門での省エネ型事業活動の推進、建物の断熱化、コージェネレーションの導入、新エネルギーの利用等を取り上げている。また、普及・啓発等として、環境教育・学習、普及啓発活動の推進を図るとしている。

上記により、県民・事業者・行政等各主体がそれぞれの役割に応じた取り組みを進めることにより、地球温暖化対策を推進し計画目標の達成を目指すものである。

（2）青森県地域新エネルギービジョン（平成12年2月）

限りある化石エネルギーや資源の節約や環境に負荷の少ないエネルギーの使用に努め、地球規模の環境問題へ地域からの取り組みを推進することで、青森県における環境に優しい県土づくりを図ることと、地域に賦存する資源の活用から地域振興を図り活力豊かな社会の実

現を目指して、地域新エネルギーの導入を図るものである。

導入の方向性として、地域新エネルギーを3つに区別しており、まず、重点導入を図る種別として太陽光発電・太陽熱利用・風力発電・廃棄物発電・コージェネレーション等、次に、調査検討を行う種別としてバイオマスエネルギー・雪エネルギー・地熱エネルギー等、最後に、その他の種別として燃料電池等を取り上げている。

2010年度の導入目標量は、太陽光発電 30,000kw、太陽熱利用（集熱面積）285,000 m²、風力発電 300,000kw などである。

導入促進は、県民、事業者、市町村及び県が一体となって取り組むべきことを基本としながらも、県はリードすべき役割を期待されていることから、県有施設等への率先導入を図ることとしている。導入検討例として、「県立高等学校の建て替え時に太陽光発電システムを導入」が示されている。

（3）青森県公共工事コスト縮減対策に関する新行動計画（平成13年3月）

公共工事のコスト縮減に関する政府の行動指針を踏まえ、各省庁ごとに策定した新行動計画を基本として、青森県が所管事業において実施するコスト縮減対策に関する取り組みをまとめたものであり、平成20年度までにすべての施策に取り組めるよう努力することとしている。

行動計画においては、「工事コストの低減」のほか、施設の長寿命化、省資源・省エネルギー化や環境調和型への転換を進める等による「工事における品質の向上によるライフサイクルコストの低減」、建設副産物対策の推進や環境改善策による環境負荷の低減等による「工事における社会的コストの低減」を目指すこととしている。また、特に青森県が配慮すべき事項として、リサイクルを推進し、公共工事による環境に対する負荷量を抑え、自然環境に対する社会的コストの低減を図るとともに、自然環境の保全・活用及び創出を推進することを取り上げている。「ライフサイクルコストの低減」の具体的施策は、施設の耐久性の向上、運用・維持管理での省資源・省エネルギー及び環境と調和した施設への転換の3つの改善テーマにより推進することとなっている。

（4）新青森県雪対策基本計画（平成13年4月）

自然環境の保全に配慮しながら雪に親しみ、雪を積極的に活用していくなど雪国の特性を活かした地域づくりを進め、人口構造の変化、情報化や環境問題などの社会情勢の変化等を考慮し、新プランに掲げる「楽雪社会の形成」に向けて、雪対策の基本方向と施策を示したものである。

「こころ豊かな雪国生活文化の創造」を将来像とする取り組みとして、学校教育の充実や雪を科学するこころの育成などによる雪や雪国を語れる子どもたちの育成、「雪と暮らす快適な都市（まち）づくり」の取り組みとして、雪対策を考慮した建築物の配置と駐車場の確保や消融雪施設の整備など公共施設における利雪・克雪化の推進、「雪を活用した環境調和型地域社会づくり」の取り組みとして、自然エネルギーを活用した消融雪技術の開発や環境負荷の小さい消融雪技術の開発など環境に優しい消融雪技術・除排雪技術の研究の推進が施策展開として取り上げられている。

(5) 青森県行政改革実施計画(平成13年度から)

少子・高齢化、情報化、国際化の進展や産業構造の変化、環境問題への対応など県政を取りまく社会状況の大きな変化を受けて、より一層簡素で効率的な行財政システムの構築に向けて取り組むための実施計画を毎年度定めている。行財政システムの改革として、環境に配慮した行政の推進を掲げ、「環境配慮型県有建築物を計画・設計するための指針の策定」を平成13年度から取り上げている。

(6) 地球にやさしい青森県行動プラン(平成12年10月)

地球温暖化対策推進法第8条に規定する実行計画及び本県 ISO14001 環境マネジメントシステムにおける行動計画のひとつとして位置付けられており、県行政の環境保全活動を推進する計画である。平成11年度を基準にして平成16年度までに、県の事務・事業における温室効果ガスの総排出量を、7%削減することを実行目標とし、計画 実施 点検 見直しの PDCA サイクルにより、省エネ・省資源に向けた取り組みを推進するものである。

具体的な取り組み内容は、物品等の調達に当たっての配慮、省エネルギー対策、省資源対策、廃棄物の減量化・リサイクル・適正処理の推進、建築物の建築・管理等に当たっての配慮、個別事業における省エネ・省資源対策及び地球にやさしい公共事業の実施となっている。取り組みの結果は公表されており、平成12年度の実績で2.6%の増加が報告されている。

1.2 建築物の環境負荷削減に関する既存の指針類

(1) 環境を考慮した学校施設(エコスクール)整備指針

文部科学省(当時文部省)大臣官房文教施設部では、平成5年度より日本建築学会エコスクール小委員会(松尾 陽主査)へ委託し、環境を考慮した学校施設(エコスクール)の在り方に関する調査研究を実施した。これら研究結果を踏まえて、同省内に「環境を考慮した学校施設に関する調査研究協力者会議」が設置され、平成8年3月には報告書「環境を考慮した学校施設(エコスクール)の整備について」としてとりまとめられた。この中で、学校施設を整備する場合、計画にあたって環境を考慮した学校施設(エコスクール)としての配慮事項が(1)やさしく作る、(2)賢く・永く使う、(3)学習に資する、の3つの柱で示された。環境教育と施設運営を考慮しながら建築・設備・ランドスケープなど総合的な対策の整備指針となっている。また、平成9年3月には「環境を考慮した学校施設(エコスクール)の整備における技術的手法に関する調査研究報告書」が取りまとめられ、各都道府県教育委員会等へ通知された。

学校施設を児童生徒などの環境教育に役立て、今後の施設整備充実を推進するため、「環境を考慮した学校施設の整備推進に関するパイロット・モデル事業」や「私立学校エコスクール整備推進モデル事業」といったエコスクール整備に関わる補助制度を設けている。

(2) グリーン庁舎計画指針

国土交通省(当時建設省)大臣官房官庁営繕部は、1996~1997年度に「環境負荷の少ない官庁施設の整備手法の検討委員会」(松尾 陽委員長)を設置し、官庁施設における地球温暖化対策をはじめとする環境負荷低減対策を検討した。1997年10月の最終報告を受けて、翌

1998年3月には、環境配慮型官庁施設(グリーン庁舎)計画指針が策定された。この計画指針は、周辺環境への配慮、運用段階の省エネ・省資源(負荷の抑制、自然エネルギー利用、エネルギー有効利用)、長寿命化、エコマテリアルの使用、適性使用・適正処理、といった5項目で構成されている。グリーン庁舎計画指針は、LCCO₂で環境に与える影響を評価し、環境負荷の低減、特に地球温暖化対策の推進に資するものであり、京都議定書の主旨に合致し、効果が大きいことから、政府の率先実行策に位置付けられている。また、計画指針を解説し、計画・設計実務ツールとしての「グリーン化技術選定シート」、「グリーン庁舎チェックシート」、「庁舎版LCCO₂計算法」等を含む「グリーン庁舎計画指針及び同解説」が1999年4月に、計算ソフトが同年8月に公開され、国の庁舎のみならず、地方公共団体の庁舎、民間建築への普及が配慮されている。

(3) グリーン庁舎診断・改修計画指針

既存官庁施設の新たな環境負荷低減手法である「官庁施設の環境配慮診断・改修計画指針(グリーン診断・改修計画指針)」は、建設省大臣官房官庁営繕部が1998~1999年度に設置した「既存官庁施設の総合的な環境負荷低減化手法の検討委員会(委員長:松尾陽 明治大学教授)」からの報告を基に2000年12月に策定された。この指針は、効果的に既存官庁施設の環境負荷低減化を行うための環境配慮診断と改修計画手法について定めている。「グリーン診断」手法は、新築の官庁施設を対象とした「グリーン庁舎計画指針」に準じ、その基本的考え方である「周辺環境への配慮」、「運用段階の省エネルギー・省資源」、「長寿命化」、「エコマテリアルの使用」及び「適正使用・適正処理」の観点から定性的に評価することに加え、施設のエネルギー使用量等を定量的に評価し、グリーン化の必要な部分、システムを診断することとしている。また「グリーン改修」の計画・設計手法は、前述の5つの観点からの対策を基本とし、改修時点を起点としたライフサイクル二酸化炭素排出量(LCCO₂)による定量的判断に加え、老朽化による機器更新、耐震性能、スペースなどの既存施設ゆえの制約条件を総合的に判断し、採用すべき環境負荷低減技術(グリーン化技術)を選択することとしている。こうした手法により(省エネルギー建築設計指針策定前の)1975年頃に建設された官庁施設にグリーン改修を行った場合には、改修時点を起点としたLCCO₂を最大で約15%削減することが可能であるとのシミュレーション結果が得られている。

国土交通省として、この指針に基づいたグリーン改修を、費用対効果等を考慮した上で効果的かつ計画的に行い、完成後は環境負荷低減効果を検証し、以後の環境保全対策に反映させると共に、本指針を広く紹介することによって、官庁施設における環境対策を通じ、建築分野全体としてのCO₂排出量削減などの環境負荷低減対策に役立てることとしている。

(4) 環境共生住宅・市街地ガイドライン

建設省(現、国土交通省)住宅局の主唱で1990年12月に環境共生研究会(現在の環境共生住宅推進協議会)が設置され、環境共生住宅の普及努力が続けられている。その間1993年4月には、建設省住宅局より「環境共生住宅・市街地ガイドラインについて」の通達が出され、省エネルギー、省資源、周辺生態環境との親和等地球環境への負荷を低減するモデル性の高い

住宅団地の整備に対して補助を行う「環境共生住宅・市街地モデル事業」制度適用の判断条件となった。また、個人建築主に対しては住宅金融公庫の環境共生貸付け制度の拡充・強化が図られてきた。

設計者・施工者に対する実務書なども出版され、1998年度からは、「環境共生住宅認定制度」がスタートするなど、環境共生住宅の普及努力が進められている。

表 1. 1 グリーン庁舎計画指針とエコスクール整備指針の配慮項目

		グリーン庁舎計画指針		エコスクール整備指針			
周辺環境	1 周辺環境への配慮	(1)地域生態系保全	(1)やさしくつくる	2.地域にやさしい環境を造る計画	②地域生態系の保全につながる工夫 ア.緑化 イ.生物が生息できる空間環境の形成 ウ.雨水の土中還元とリサイクル利用		
		(2)都市気候緩和・地下水涵養 (3)周辺環境の汚染防止			エ.地場生産素材の活用 ①地域風土になじむ工夫 ア.気候・風土の地域特性への配慮 イ.地域景観に資する工夫 ウ.周辺施設等への配慮		
省エネルギー	2 運用段階の省エネ・省資源	2.1 負荷の抑制	(1)外壁・屋根・床の断熱 (2)窓の断熱・日射遮蔽 (3)局所空調・局所排気 (4)無駄の回避(電気・機械)	(2)賢く・永く使う	3.無駄なく・効率よく使う計画	ア.熱損失を少なくする建築計画	
		2.2 自然エネルギー利用	(1)自然採光 (2)自然通風 (3)自然エネルギー利用			2.自然の恵みを活かして使う計画	ア.通風・自然採光 イ.太陽エネルギー利用 ウ.その他の自然エネルギー利用
		2.3 エネルギー・資源の有効利用	(1)エネルギーの効率的利用 (2)負荷平準化 (3)搬送エネルギーの最小化 (4)照明エネルギーの最小化 (6)最適運用			3.無駄なく・効率よく使う計画	イ.エネルギーの効率的利用
省資源 長寿命 リサイクル	2 運用段階の省エネ・省資源	2.3 エネルギー・資源の有効利用	(5)水資源の有効活用	(2)賢く・永く使う	3.無駄なく・効率よく使う計画	ウ.水のリサイクル、雨水利用	
		3 長寿命	(1)ゆとりの確保			1.建物の寿命をのばす計画	①機能変化に対応できる工夫 ア.教育内容の変化に対応できる工夫 イ.設備更新を配慮した設計 ②永く使える材料の選定 ア.耐久性のある材料の採用 イ.耐久性のある構工法の採用 ③維持・管理を容易にする工夫 ア.建築計画・構法上の工夫 イ.設備計画上の工夫 ウ.メンテナンスを考慮した設計
	(2)建築材料の合理的耐久性 (3)設備材料の合理的耐久性		(1)やさしくつくる	1.児童・生徒にやさしい環境を造る計画	③児童・生徒の利用を考慮した計画 ア.シンプルなシステムの採用 イ.パッシブなシステムの採用		
	4 エコマテリアル			(1)低環境負荷材料 (2)熱帯材型枠の使用合理化 (3)副産物・再生資源の活用 (4)解体容易な材料・工法	(1)やさしくつくる		3.地球にやさしい環境を造る計画
		5 適正使用適正処理	(1)廃棄物の削減 (2)建設副産物の発生抑制・再資源化 (3)ノンフロン化・フロン回収	(2)賢く・永く使う	3.無駄なく・効率よく使う計画	カ.既存施設の有効活用 オ.再生可能な内装・設備材料の利用 エ.ゴミのリサイクル	
(1)やさしくつくる	3.地球にやさしい環境を造る計画		ウ.フロン排出抑制・フロン対応製品の採用				
室内環境	4 エコマテリアル	(1)低環境負荷材料	(1)やさしくつくる	1.児童・生徒にやさしい環境を造る計画	②室内環境を良好に保つ工夫 ア.健康的で快適な温熱環境の確保 イ.健康的で快適な空気環境の確保 ウ.快適で学習するにふさわしい光環境の確保 エ.快適で学習するにふさわしい音環境の確保		
					(1)やさしくつくる	1.児童・生徒が環境について学習できる計画 2.地域の人々の意識向上に役立つ	①環境に親しめる建築空間を造る工夫 ア.立地条件・配置計画・平面計画についての配慮 イ.エコロジカルな形態の表現
その他 (啓発など)			(1)やさしくつくる	1.児童・生徒にやさしい環境を造る計画	ア.施設から学習できる工夫 イ.原理仕組みを理解できる工夫 ウ.性能を体感できる工夫		
			(3)学習に資する		ア.環境を考慮した建物デザイン イ.環境について知識を深める		

(5) 建築関連学協会の取り組み

・日本建築学会

日本建築学会は、1990 年以來の建築と地球環境問題に関わる研究成果を基に、地球環境委員会が中心となって、1997 年 6 月に「日本建築学会地球環境行動計画」を策定し、学会として取り組むべき 7 つの活動方針を掲げた。また、同年 12 月には気候変動枠組条約京都会議 (COP3) の課題に呼応する形で下記を骨子とする「気候温暖化への建築研究分野での対応」と題する学会声明を公表している。

生涯 CO2 排出量(LCCO2)を新築では 30%削減が可能であり、今後これを目標に建設活動の展開が必要。

我が国の CO2 排出量削減のためには、建築物の耐用年数を 3 倍(100 年)に延長することが必要不可欠であり、また可能。

上記の声明を受けて、地球環境委員会地球環境行動 WG が、学会声明をフォローする研究報告書を 1999 年 3 月にとりまとめ、サステナブルビルディング小委員会は、「サステナブルビルディング普及のための提言」と題する研究報告書を 1999 年 3 月に公表している。また、LCA 指針策定小委員会が「建物の LCA (ライフサイクルアセスメント) 指針案」を 1999 年 11 年に公表している。

さらに、2000 年 6 月には、「地球環境・建築憲章」を建築関連 5 団体(日本建築学会、日本建築家協会、建築士会連合会、日本建築設計事務所協会、建築業協会)共同で制定している。

・空気調和・衛生工学会

空気調和・衛生工学会は、1993 年度に地球環境に関する委員会(現在の地球環境委員会の前身)を設置し、1995 年 7 月の中間報告を経て、1997 年 7 月に「持続可能な社会を支える建築設備のために」を公表した。さらに、1999 年 3 月に研究報告書を取りまとめ、それまでの研究成果を基に、2001 年 3 月には、空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアルを出版している。

・日本建築家協会

日本建築家協会は、1993 年の UIA/AIA 建築家世界会議「持続可能な未来の為の相互依存宣言」を受けた「行動指針」を策定した。また、「設計指針と設計手法の照合表」と共に、さまざまな工夫を凝らした建物事例を詳細に紹介する「サステナブル・デザイン・ガイド(1995、1996、1998 年の通算 3 冊)」、 「サステナブル建築最前線(2000 年 5 月)」を発行している。

・建築業協会

建築業協会は、1990 年の地球環境問題専門委員会設置以来、建設業と地球環境問題との関わりを定量的に検討してきたが、それらの検討成果を踏まえて、1996 年 7 月に、設計チェックリストとして利用できる「環境配慮設計ガイド」を発行している。

第 2 章 県有施設における CO₂ 排出の実態

2.1 県有施設の機関別面積と CO₂ 排出量

平成 12 年 9 月に策定された地球にやさしい青森県行動プラン（青森県地球温暖化対策推進実行計画）に基づいて県有施設に対して実施された、「平成 12 年地球にやさしい青森県行動プラン実績報告書」の回答を基に集計を行った結果を示す。

対象となった機関は、出先機関を含む知事部局、議会事務局、警察本部、教育庁（県立学校を含む）であった。なお、県営住宅、職員公舎は対象外であった。

2.1.1 県有施設の機関種別面積

「平成 12 年地球にやさしい青森県行動プラン実績報告書」の対象機関についての延床面積を集計した結果は、以下の表 2.1，図 2.1 のとおりであった。中でも学校等の占める割合が高く、約 7 割を構成していた。

表 2.1 県有施設の延床面積（平成 12 年度）

	本庁舎	警察本部	知事部局 出先	病院	学校等	警察署	合計
延床面積 (m ²)	37,300	42,400	196,200	63,900	837,500 県立学校 777,000 その他 60,500	61,800	1,239,100
(%)	3%	3%	16%	5%	68%	5%	100%

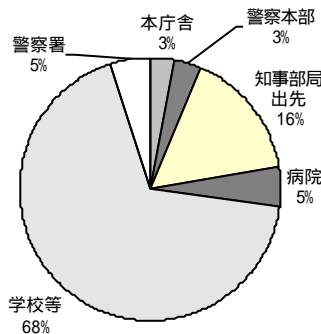


図 2.1 県有施設全体に占める各機関種別の延床面積構成

（「平成 12 年地球にやさしい青森県行動プラン実績報告書」対象範囲内）

2.1.2 県有施設の機関種別エネルギー消費量

各機関におけるエネルギー消費量については、実績報告書の回答より集計を行った。主に施設運用に関連すると思われる次表に示されるエネルギー種別の消費量について集計を行った。

表 2. 2 エネルギー種別と発熱量

	電力	灯油	A重油	L P G	都市ガス
単位	MJ/kWh	MJ/L	MJ/L	MJ/kg	MJ/m ³
発熱量	10.25	36.6	38.7	51.6	41.9

出典；電力は「省エネルギー法」に示される「建築主の判断基準に関する告示」より、
 その他は環境省/温室効果ガス排出量算定方法検討会（平成 12 年）

集計の結果を表 2. 3 に示す。県有施設全体に占める面積の割合が 7 割近くにのぼった学校等では、単位面積あたりのエネルギー消費量が小さく、学校全体のエネルギー消費量が県有施設全体に占める割合は、4 割に満たない。一方、その他の機関では学校等と比較して、単位面積あたりのエネルギー消費量は 3 倍近くに上っており、学校等におけるエネルギー消費との格差が非常に大きいことが示された。

表 2. 3 県有施設の機関種別エネルギー消費量（平成 12 年度）

	本庁舎	警察本部	知事部局出先	病院	学校等	警察署	合計
エネルギー消費量 (GJ/年)	62,769	73,501	414,576	209,063	528,909	89,542	1,378,359
(%)	5%	5%	30%	15%	38%	6%	100%
単位面積あたり (MJ/年m ²)	1,682	1,732	2,113	3,270	632	1,449	1,106

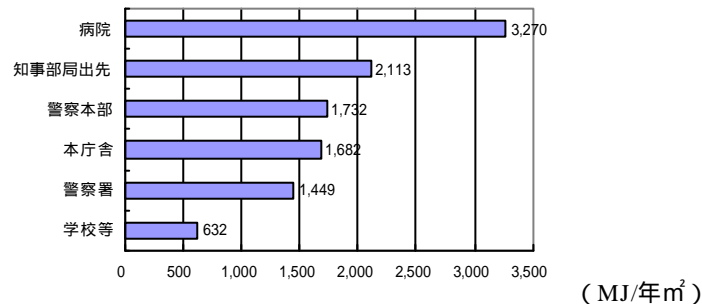


図 2. 2 県有施設の機関種別エネルギー消費量

2.1.3 県有施設の機関種別 CO₂ 排出量

集計されたエネルギー種別ごとに CO₂ の排出係数を用い、県有施設から排出される CO₂ 量を求めた。算出に用いた排出係数は、次表のとおりとした。

表 2. 4 エネルギー種別排出係数

	電力	灯油	A重油	L P G	都市ガス
単位	kg-CO ₂ /kWh	kg-CO ₂ /L	kg-CO ₂ /L	kg-CO ₂ /kg	kg-CO ₂ /m ³
排出係数	0.357	2.51	2.77	3.02	2.15

出典；環境省/温室効果ガス排出量算定方法検討会（平成 12 年）

結果を表 2. 5 に示す。県有施設全体の CO₂ 排出量のうち学校等が最も割合が多く 41%、次に知事部局出先から 30%、次いで病院は 15%であった。特に病院は 2 施設からだけの排出で全体の 15%を占めており、同様に本庁舎、警察本部も単体でそれぞれ 4%を占めている。

従って、機関種別の単位面積あたりの CO₂ 排出量については、表 2. 5 に示すように、病院が最も排出量が多く、次いで、知事部局出先、本庁舎と警察本部の順となった。学校等は最も少なく 34kg-CO₂/年 m²で、他の機関の 2 ~ 4 分の 1 にとどまっていた。

表 2. 5 県有施設からの二酸化炭素排出量 (平成 12 年度)

	本庁舎	警察本部	知事部局出先	病院	学校等	警察署	合計
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	2,726	3,087	21,485	10,663	28,655	4,384	71,000
(%)	4%	4%	30%	15%	41%	6%	100%
単位面積あたり (kg-CO ₂ /年 m ²)	73	73	110	167	34	71	57

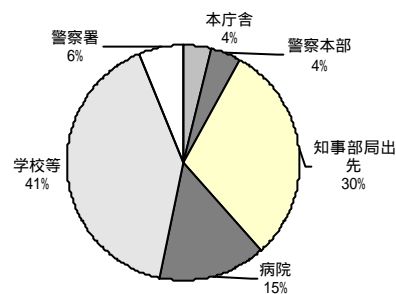


図 2. 3 県有施設からの CO₂ 排出構成

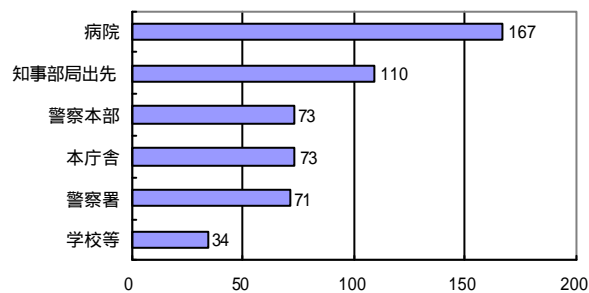


図 2. 4 県有施設の延床面積あたり CO₂ 排出量 (kg-CO₂/年 m²)

2.2 施設別分析

2.2.1 県立学校の CO₂ 排出実態

2.1 において「学校等」に分類されている県立学校について、施設整備状況及び CO₂ 排出量に関して更に分析を行った。

(1) 県立学校の施設構成

平成12年度の学校施設台帳より、教育庁の管轄する県立学校の床面積、及び生徒数の集計を行った。なお、集計に際しては教育課程の種別をもとに、次のような3種別に各学校を分類した。

- ・普通高校；普通科のみ有する高校
- ・専門高校；商業科、工業科、農業科、その他職業に関する専門学科を有する高校（普通科との併設を含む）
- ・盲聾養護；盲学校、ろう学校、養護学校

表2.6に、分類ごとの学校数、生徒数、延床面積合計値を示す。延床面積の集計にあたっては、公立学校施設台帳に基づく、保有面積とした。但し、教員住宅を除く。

表2.6 学校種別生徒数、延床面積

	普通高校	専門高校	盲聾養護
学校数	52	20	19
生徒数	29,701	13,785	901
延床面積合計	417,211 m ²	267,165 m ²	92,590 m ²

対象面積の考え方：含まれる建物・・・校舎、屋内運動場、寄宿舎、部室
 含まれない建物・・・教員住宅、保有外面積の建物（食堂、武道場、講堂、プール附属室、屋内練習場、弓道場、トレーニング場、艇庫等）及び後援会等所有建物
 八戸盲学校と八戸聾学校は1校とした。

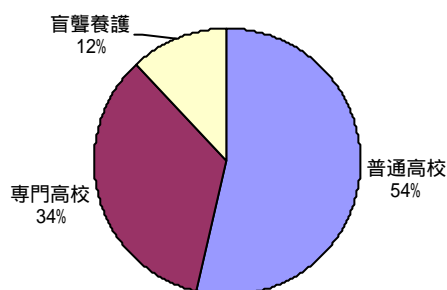


図2.5 県立学校における各学校種別の面積割合

(2) 年間一次エネルギー消費量

学校種別ごとのエネルギー消費量を集計した。学校が管理する校舎、体育館及び同一敷地内に存する建物(後援会が管理する生徒会館、食堂等を除く)のエネルギー消費量の合計とした。なお、今回の集計に際しては表2.2で用いた発熱量を原則的に用いたが、都市ガスに関しては学校が所在する地域のガス事業者が供給する都市ガスの種類に応じて異なる発熱量を使用した。

表2.7 都市ガス種別発熱量

地域	十和田	弘前	五所川原	八戸・青森
ガス種別	6A	6C	4A	4C
発熱量 (MJ/m ³)	29.3	20.9	18.8	15

表 2.8 に区分ごとのエネルギー消費量を示す。灯油を除いてどのエネルギー種別でも、普通高校、専門高校、盲聾養護の順に使用量が増えている。発熱量で換算した一次エネルギー消費量についても同様の結果がみられた。

灯油で暖房する範囲は、多くの場合、屋内運動場であることから、他に比較して体育並びに部活動等で体育館の使用される頻度が高い普通高校において、灯油使用量が多くなっていることが考えられる。また、盲聾養護や専門高校では教科での使用のほか、一部寄宿舎を含んでいるため、調理等に利用される都市ガス、LP ガスの量が多い。

表 2.8 一次エネルギー消費量（単位延床面積あたり）

		普通高校	専門高校	盲聾養護
電気	k Wh/年 m^2	23.1	27.8	27.9
A 重油	L/年 m^2	5.9	6.6	11.0
都市ガス	m ³ /年 m^2	0.01	0.03	0.08
LP ガス	m ³ /年 m^2	0.02	0.02	0.15
灯油	L/年 m^2	1.8	1.9	1.6
一次エネルギー消費量	MJ/年 m^2	530	616	792

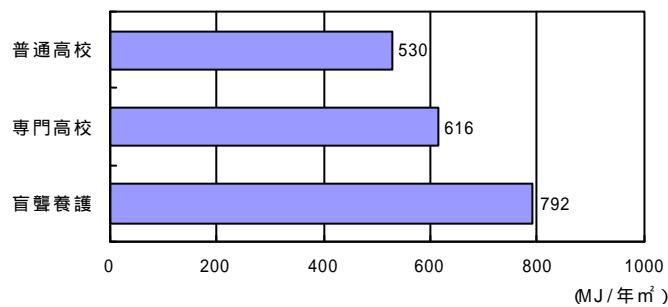


図 2.6 学校種別のエネルギー消費量

更に、学校ごとの単位面積あたりエネルギー消費量について、50MJ/年 m^2 増えるごとの学校数の分布を図 2.7 に示す。普通高校では 400 ~ 600MJ/年 m^2 の間に、専門高校は 500 ~ 700MJ/年 m^2 の間、盲聾養護では 750 ~ 900MJ/年 m^2 に多くの学校が含まれることが示された。

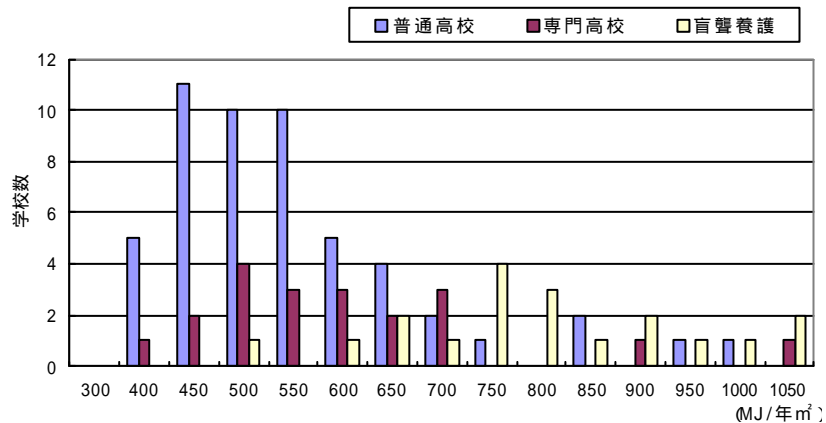


図 2.7 エネルギー消費量分布（学校種別）

(3) CO₂ 排出量

1) 学校種別 CO₂ 排出量

各学校区分における年間 CO₂ の総排出量と単位面積あたりの CO₂ 排出量の平均を集計した。

なお、CO₂ 排出係数は原則表 2.4 の値を使用したが、都市ガスについては地域ごとに供給されている都市ガスの発熱量に応じた CO₂ 排出係数を使用した。

表 2.9 学校種別の CO₂ 排出量

	普通高校	専門高校	盲聾養護
CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	12,500	8,800	4,300
単位面積あたり CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /年m ²)	29.0	33.4	45.8

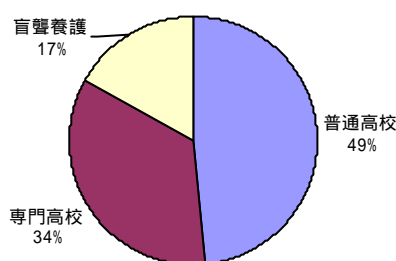


図 2.8 学校種別 CO₂ 排出量の構成

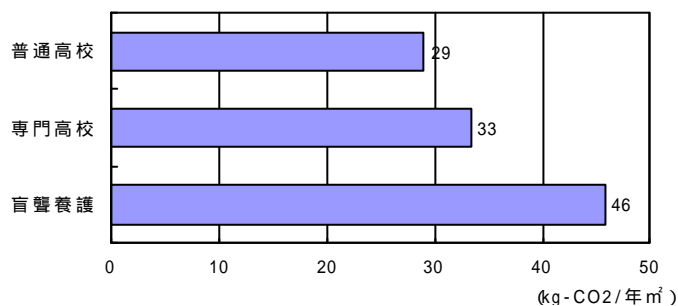


図 2.9 学校種別単位面積あたり CO₂ 排出量

2) 建設年代別エネルギー消費量と CO₂ 排出量

各校の建設年代（各校で最も多くの延床面積を占めている建設年代として特定）を 1990 年以前と 1991 年以降に区分し、それぞれのエネルギー消費量と CO₂ 排出量を集計した。県立学校全体の場合についても、普通高校のみ抽出して集計した場合についても新しい学校が古い学校に比較して約 1.2 倍となっている。図 2.12、図 2.13、図 2.14 に各校の単位面積あたり CO₂ 排出量を示す。

表 2. 10 県立学校（普通高校、専門高校、盲聾養護）の建設年代別エネルギー消費量とCO₂排出量

	1990年以前	1991年以降
学校数	79	12
延床面積合計	703,266 m ²	73,700 m ²
延床面積あたり一次エネルギー消費量	577 (MJ/年m ²)	782 (MJ/年m ²)
延床面積あたりCO ₂ 排出量	32.0 (kg-CO ₂ /年m ²)	43.0 (kg-CO ₂ /年m ²)

表 2. 11 普通高校の建設年代別エネルギー消費量とCO₂排出量

	1990年以前	1991年以降
学校数	45	7
延床面積合計	372,563 m ²	44,648 m ²
延床面積あたり一次エネルギー消費量	517 (MJ/年m ²)	611 (MJ/年m ²)
延床面積あたりCO ₂ 排出量	28.5(kg-CO ₂ /年m ²)	32.2(kg-CO ₂ /年m ²)

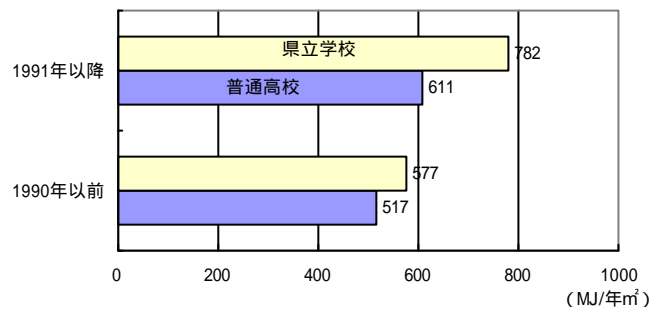


図 2. 10 延床面積あたり一次エネルギー消費量

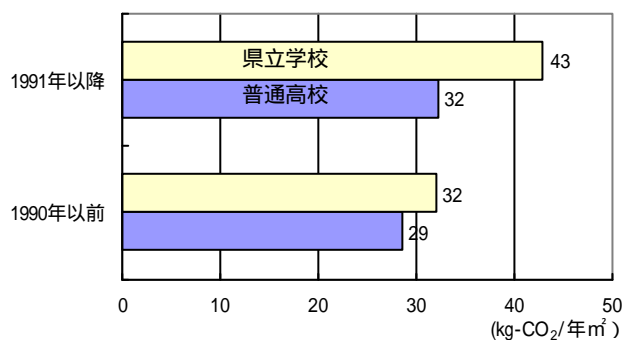


図 2. 11 延床面積あたりCO₂排出量

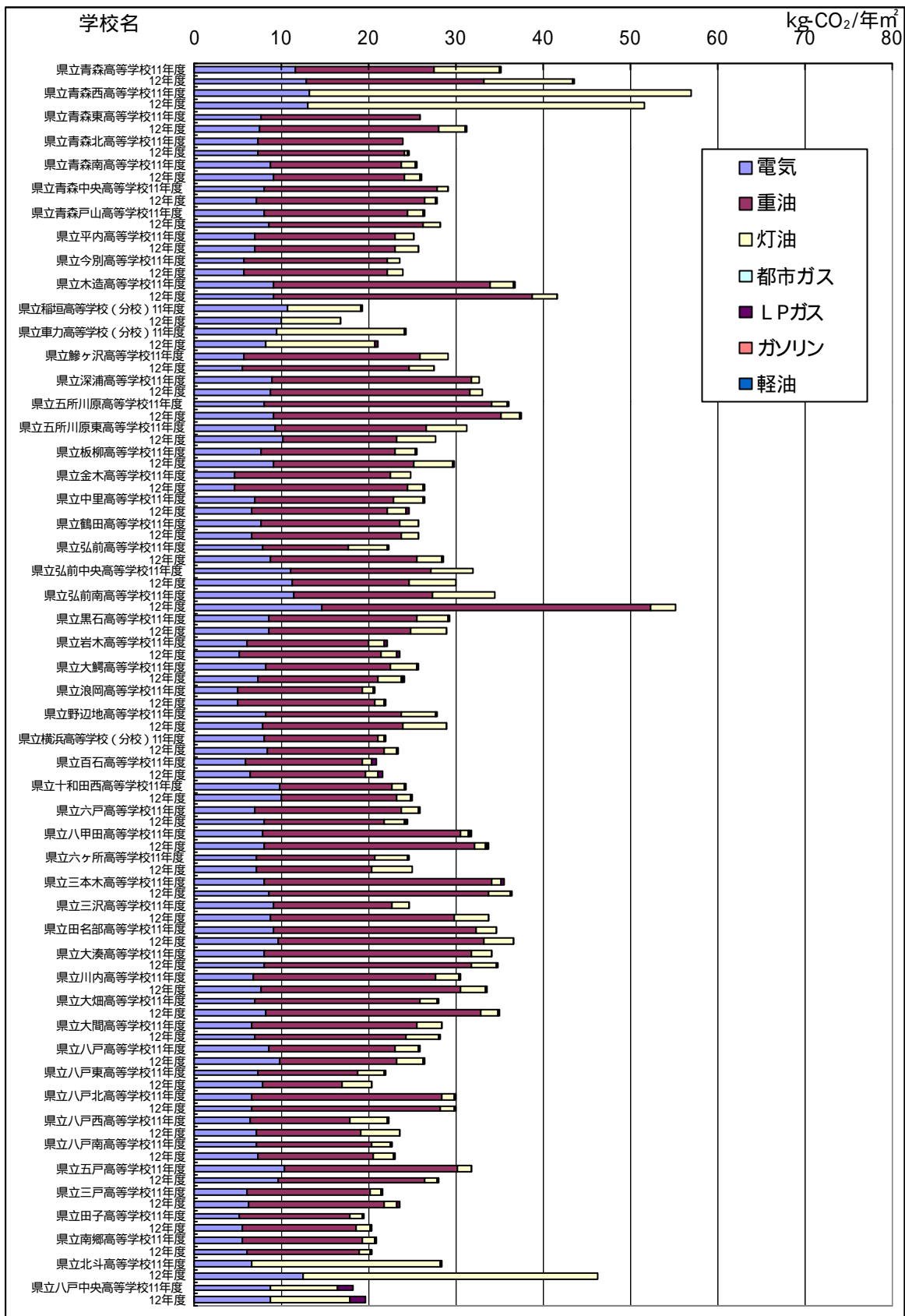


図 2. 12 普通高校の単位面積あたりCO₂排出量

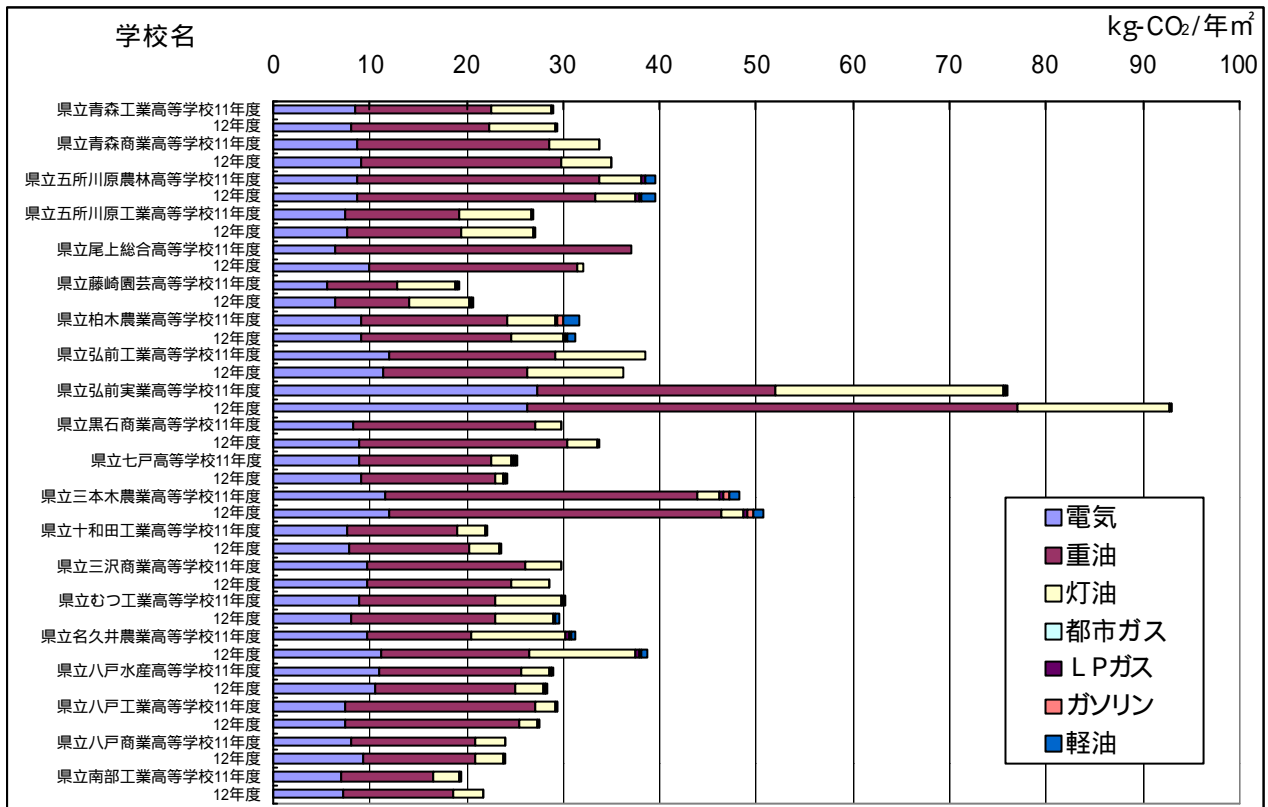


図 2. 13 専門高校の単位面積あたりCO₂ 排出量

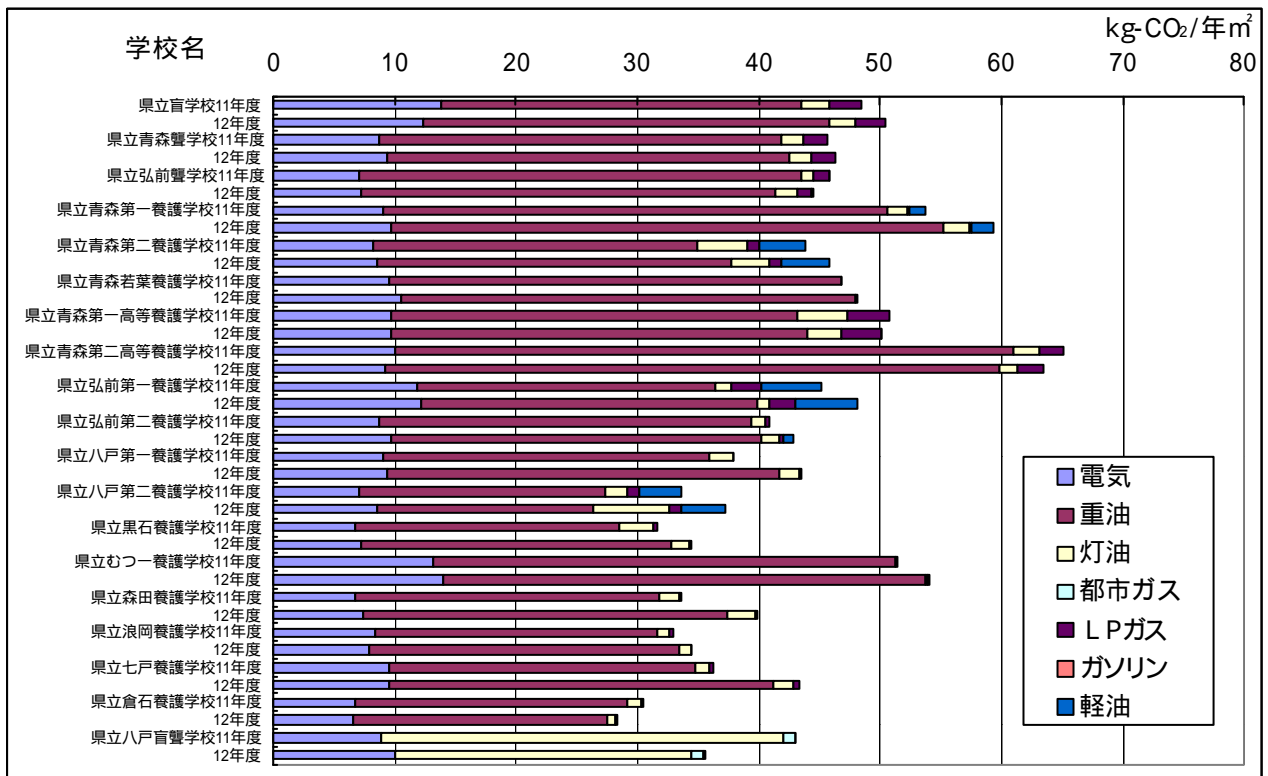


図 2. 14 盲聾養護の単位面積あたりCO₂ 排出量

2.2.2 庁舎の施設整備状況と CO₂ 排出の実態

2.1 において分析対象となった県有施設のうち、「学校等」に分類されている県立学校以外の施設について、「庁舎」として特に CO₂ 排出量に関して更に分析を行った。

(1) 分析対象となった庁舎の構成

分析の対象となった施設は、表 2.12 に示される用途に分類されるような施設であった。

表 2.12 用途分類

用途	用途名称(略称)	内訳
医療施設	医療	県立病院
福祉厚生施設	福祉	精神保健施設、自立センター等
研究生産施設	研究	試験場、大学校等
文化社会施設	文化	図書館等
事務所・業務施設	事務	本庁舎、合同庁舎、保健所等
教育施設	教育	自然の家、県立大学、訓練校、消防学校等
運動施設	-	-

表 2.13 に、用途ごとの延床面積合計値を示す。延床面積の集計にあたっては、平成 12 年度財産台帳の各施設の事務所建面積を参考とした。

表 2.13 用途別延床面積(分析対象施設)

用途	教育	研究	事務	福祉	文化	合計	医療(参考)
延床面積(m ²)	68,627	48,255	143,058	7,013	4,101	271,054	63,934
施設数	12	29	42	4	2	89	2

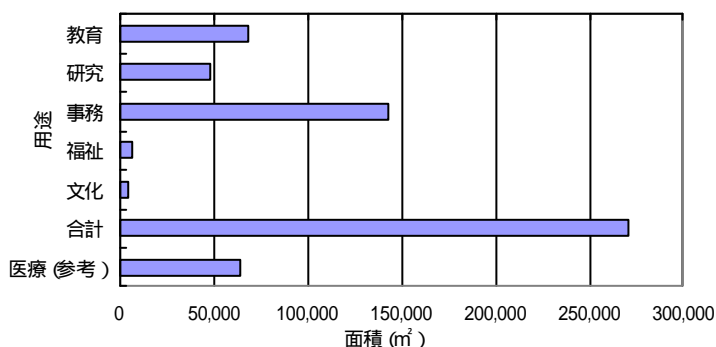


図 2.15 分析対象となった庁舎の用途別面積

(2) 年間一次エネルギー消費量

用途別のエネルギー消費量を集計した。なお、2.2.1 節の県立学校での分析と同様に今回の集計に際しては表 2.2 で用いた発熱量を原則的に用いたが、都市ガスに関しては表 2.7 に示す

ように施設が所在する地域のガス事業者が供給する都市ガスの種類に応じて異なる発熱量を使用した。

表 2.14、図 2.16 に分析対象となった施設ごとの用途別エネルギー消費量を示す。なお、研究用途の施設における電力使用量については、一部、事業用（試験・実験など）に使用された電力も多く含まれていたため、大きな値となっていることに留意する。

表 2.14 一次エネルギー消費量（単位延床面積あたり）

		教育	研究 ¹	事務	福祉	文化	全体	医療 (参考)
電気	kWh/年㎡	59.3	189.9	108.0	52.2	148.6	109.4	177.1
A重油	L/年㎡	12.1	16.7	7.3	44.7	11.7	11.2	36.8
都市ガス ²	MJ/㎡	1.5	2.0	15.2	4.3	0.0	8.9	10.1
LPガス	m ³ /年㎡	0.15	0.08	0.15	0.45	0.00	0.14	0.01
灯油	L/年㎡	2.59	2.62	2.96	8.14	0.00	2.89	0.04
一次エネルギー消費量	MJ/年㎡	1,094	2,604	1,420	2,313	1,977	1,580	3,250

1：事業用（試験・実験など）の使用量含む

2：地域により供給される都市ガスの発熱量が異なるため、MJ換算で表示。

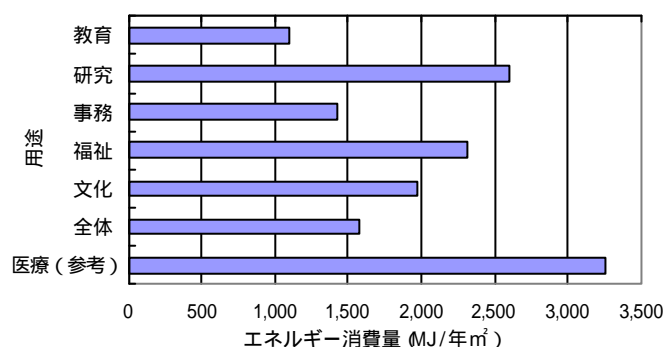


図 2.16 用途別のエネルギー消費量

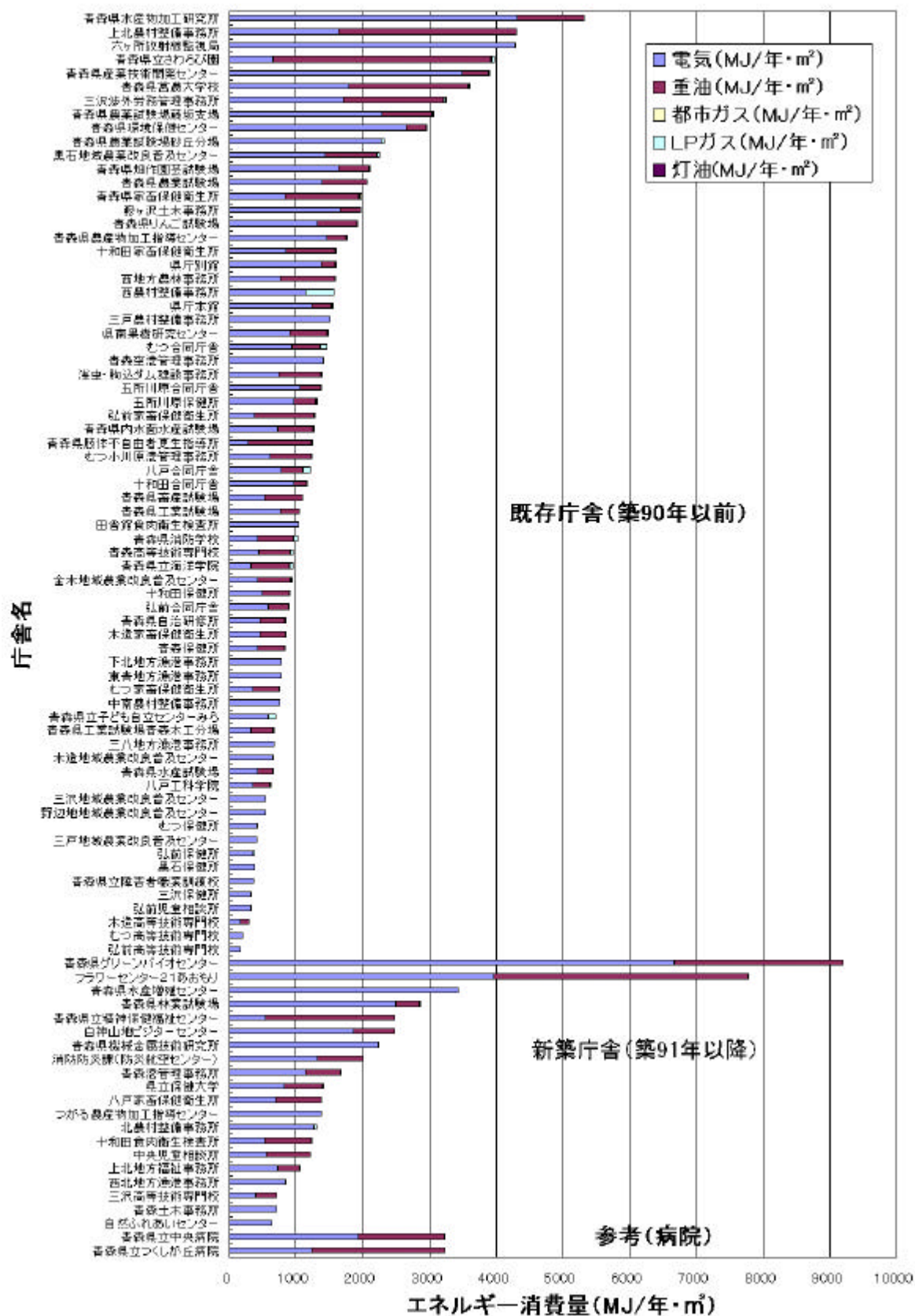


図 2. 17 分析対象施設のエネルギー消費量

更に、施設ごとの単位面積あたりエネルギー消費量について、250MJ/年 m^2 増えるごとの施設数の分布を図 2. 18 に示す。同様に、250MJ/年 m^2 増えるごとの延床面積集計を図 2. 19 に示す。

施設数では、単位面積あたりのエネルギー消費量が 1,000MJ/年 m^2 前後の建物が多いことが分かる。一方、延床面積を集計した場合は、1,500～2,000MJ/年 m^2 のエネルギー消費量に面積が多く分布していることから、前述の 1,000MJ/年 m^2 前後の施設は建物規模が小さく（床面積が小さい）、単位面積あたりのエネルギー消費量が多い建物は比較的規模が大きいことが覗える。

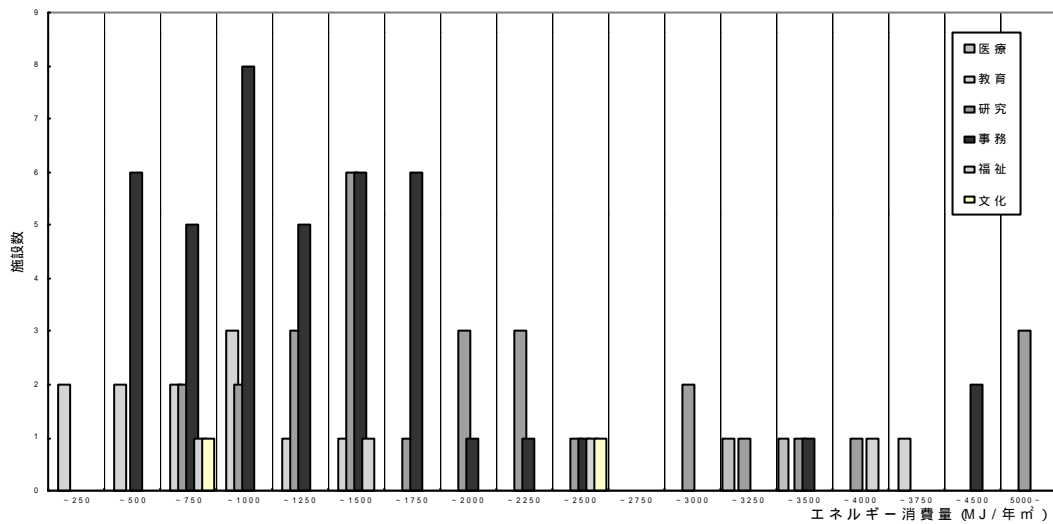


図 2. 18 エネルギー消費量の頻度分布 (用途別)

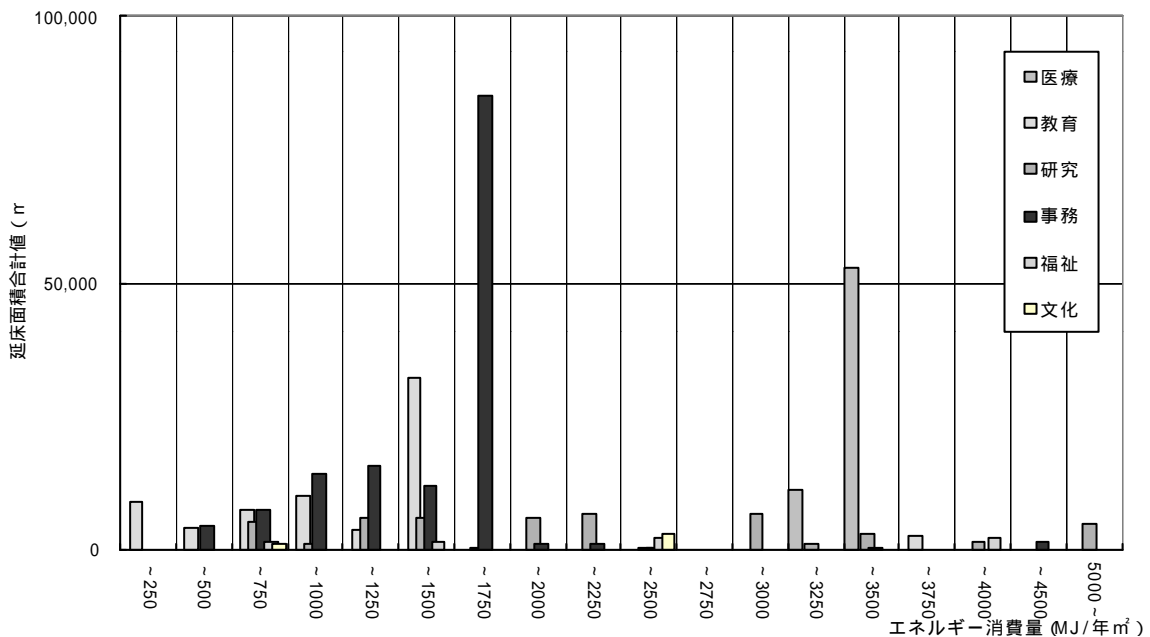


図 2. 19 エネルギー消費量の面積分布 (用途別)

(3) 用途別 CO₂ 排出量

各用途における年間 CO₂ の総排出量と単位面積あたりの CO₂ 排出量の平均を集計した。
 なお、CO₂ 排出係数は原則表 2.4 の値を使用した。都市ガスについては地域ごとに供給されている都市ガスの発熱量に応じた CO₂ 排出係数を使用した。各施設の CO₂ 排出量を、図 2.21 に示す。

表 2.15、図 2.20 に用途別のエネルギー消費量を示す。

表 2.15 用途別の CO₂ 排出量

用途		教育	研究 ¹	事務	福祉	文化	全体	医療 (参考)
CO ₂ 排出量	kg-CO ₂ /年㎡	55.7	114.7	60.5	145.2	85.5	71.5	165.7

1: 事業用(試験・実験など)の使用量含む

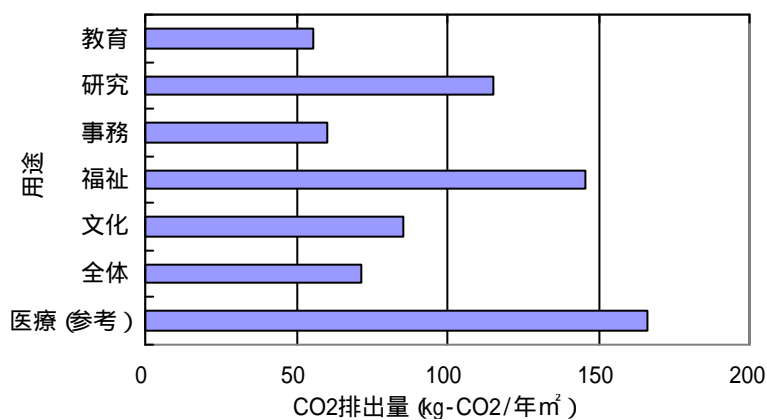


図 2.20 用途別 CO₂ 排出量

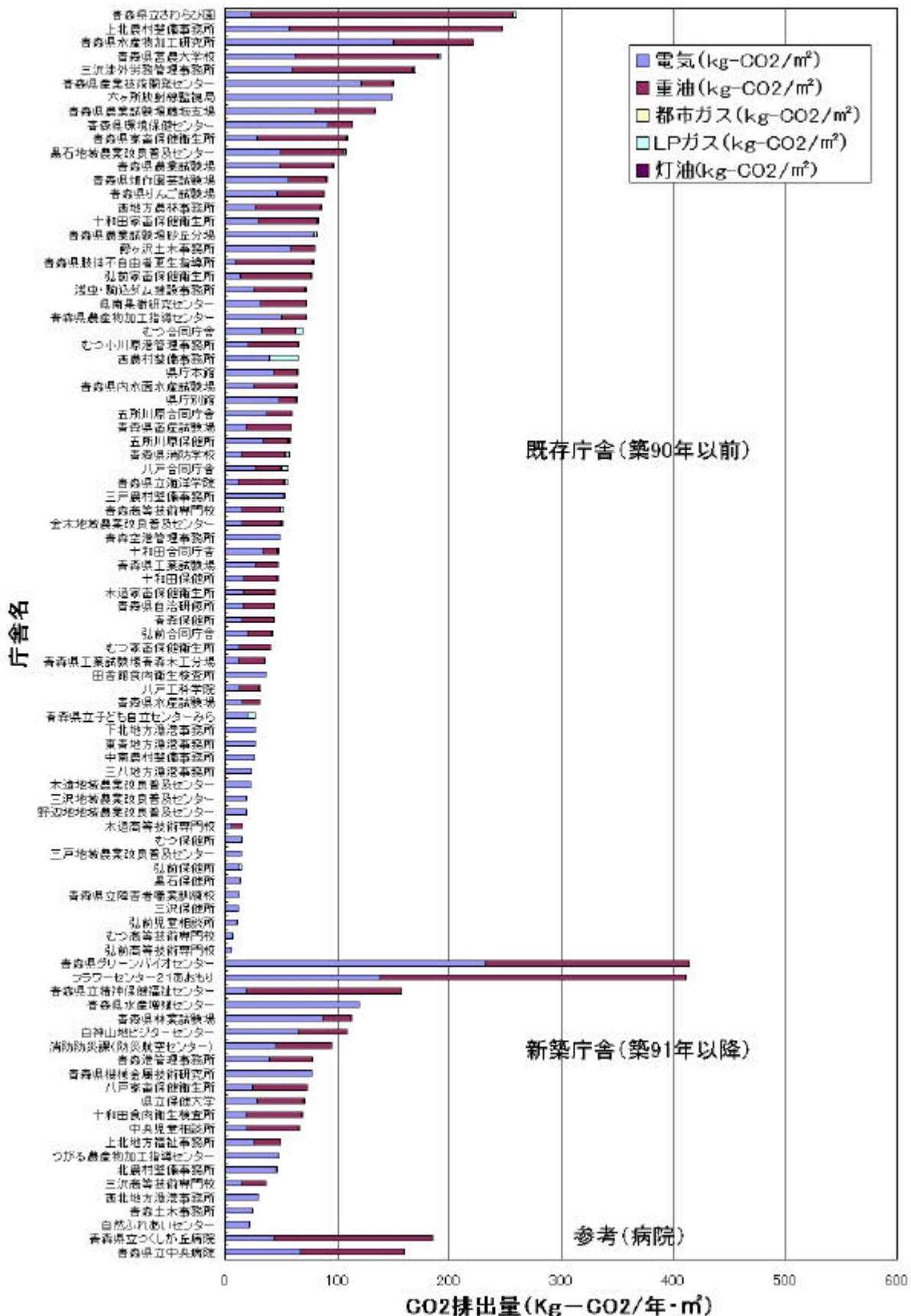


図 2. 21 分析対象施設の CO₂ 排出量 (運用起源)

(4) 建設年代別エネルギー消費量とCO₂排出量

各施設の建設年代を1990年以前と1991年以降に区分し、それぞれのエネルギー消費量とCO₂排出量を集計した。

1) 分析対象施設の建設年代構成

各施設の建設年代を、各施設で最も多くの延床面積を占めている建設年代として特定し、分類を行った。構成を表2.16に示す。

表2.16 分析対象施設の建設年代構成

用途	教育	研究	事務	福祉	文化	合計	医療 (参考)
延床面積							
既存庁舎(1990年以前築)	34,339	34,299	129,558	4,799	0	202,996	63,934
新築庁舎(1991年以降築)	34,288	13,956	13,500	2,213	4,101	68,058	
計	68,627	48,255	143,058	7,013	4,101	271,054	63,934
施設数							
既存庁舎(1990年以前築)	10	21	35	3	0	69	2
新築庁舎(1991年以降築)	2	8	7	1	2	20	
計	12	29	42	4	2	89	2

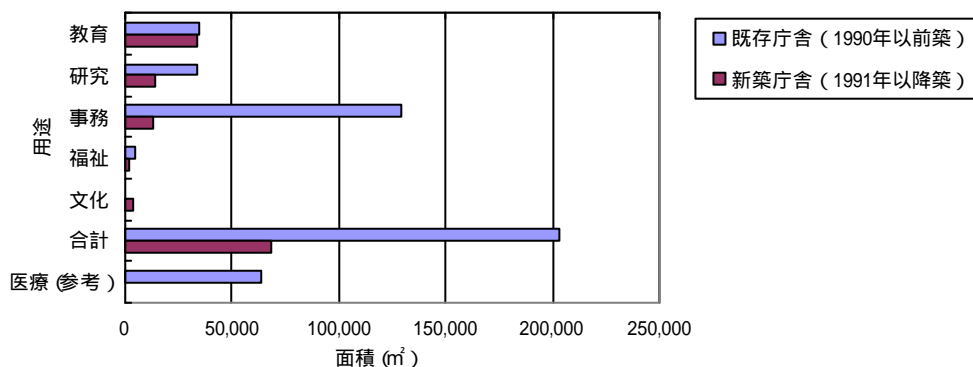


図2.22 分析対象施設の建設年代構成

2) 建設年代別エネルギー消費量CO₂排出量

1)で分類された建設年代に従って、それぞれの延床面積あたりの運用に伴う年間一次エネルギー消費量とこれに伴うCO₂排出量を算出した。

表2.17 庁舎の建設年代別エネルギー消費量(MJ/年m²)

用途	教育	研究	事務	福祉	文化	全体	医療 (参考)
既存庁舎(1990年以前築)	813	1,862	1,455	2,228	0	1,433	3,250
新築庁舎(1991年以降築)	1,374	4,429	1,084	2,498	1,977	2,016	

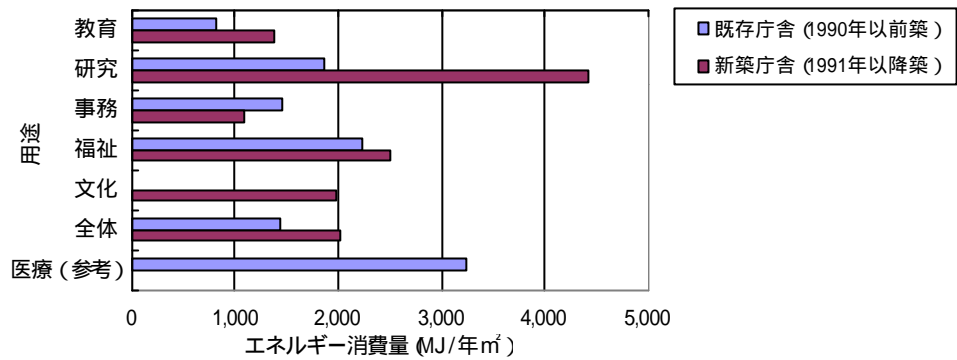


図 2. 23 建設年代別の延床面積あたり一次エネルギー消費量

表 2. 18 庁舎の建設年代別 CO₂ 排出量 (kg-CO₂/年m²)

用途	教育	研究	事務	福祉	文化	全体	医療 (参考)
既存庁舎 (1990 年以前築)	42.2	82.1	61.7	138.9	0.0	63.7	165.7
新築庁舎 (1991 年以降築)	69.2	195.0	48.4	159.0	85.5	94.8	

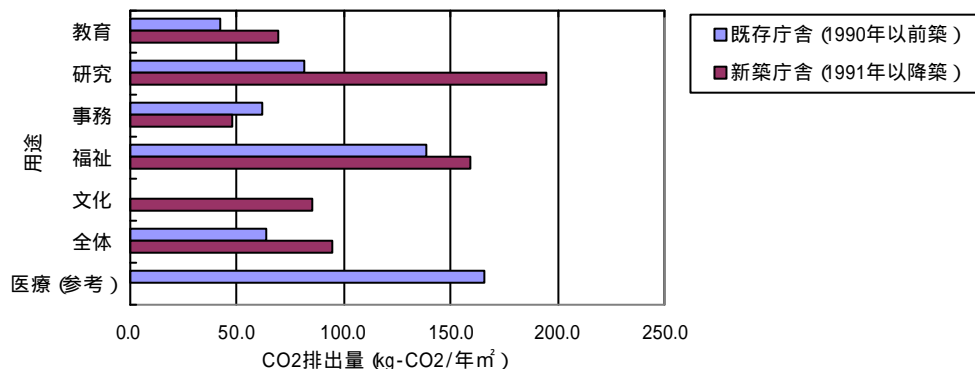


図 2. 24 建設年代別の延床面積あたり CO₂ 排出量

第3章 県有施設の整備状況と環境負荷削減における目標達成の可能性

3.1 学校施設整備による環境負荷低減の検討

今後、県内の学校施設整備において環境調和建築設計指針を適用し、環境負荷低減対策を講じた場合に、2010年までに期待される県立学校の施設整備全体における環境負荷の削減効果、及びこれに伴う財政負担、特に初期投資への影響について試算を行った。

3.1.1 青森県内の学校施設の整備状況

(1) 2000年(平成12年)における県立学校の延床面積

青森県の県立学校(盲聾養護含む)における2000年の学校施設の延床面積について、各棟の建設年代ごとに分類して集計を行った。2000年現在、約半数の校舎が1975年以前に建設された、築25年以上の校舎建物であった。

表3.1 県立学校施設の各棟面積の築年代別集計

建設年代	～1970年	～75年	～80年	～85年	～90年	～95年	～2000年	合計
延床面積 (㎡)	188,281	203,447	150,274	90,487	30,041	61,975	52,461	776,966

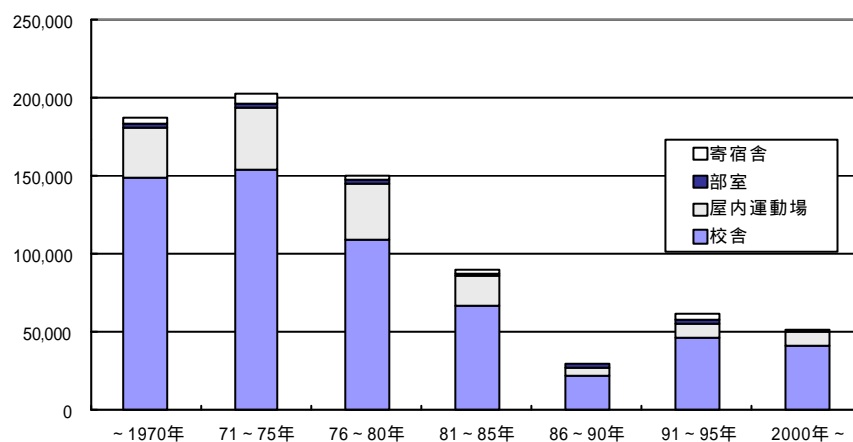


図3.1 学校施設の築年代別延床面積集計(用途別)

(2) 県立学校の施設整備レベル

県立学校の施設整備レベルとして、新築計画の際に適用される整備技術概要を表3.2に示す。

表 3. 2 県立学校の整備技術概要

技術項目			2000年(H12現設計)水準		1990年(H2年)水準	1980年(S55年)水準													
建築	断熱材	厚さ	屋根	50mm	40mm 25mm なし	同左													
			壁、柱梁型	30mm															
			床(基礎外周)	30mm															
	材質	硬質ウレタンフォーム(吹付含む)		硬質ウレタンフォーム(吹付含む)	ポリスチレンフォーム(2種)														
外部建具	材質	アルミサッシュ		同左	同左														
	ガラス	ペアガラス		単板ガラス	同左														
電灯設備	照明器具	形式	Hf 蛍光灯器具等のインバーター器具		FSS9-402×9台	同左													
			教室はFSS9-322とし安定器は定格出力型																
		制御	事務室、会議室、教室等の窓側照明の点滅は他部分と別系統		同左	特に定まっていない													
	廊下、ホール等は間引き消灯できる方式		同左	特に定まっていない															
所要平均照度	<table border="1"> <tr> <td>一般事務室、図書閲覧室、会議室、学校体育施設、中央監視室、中継台室、電算機室、応接室</td> <td>500lx</td> </tr> <tr> <td>教室</td> <td>400lx</td> </tr> </table>		一般事務室、図書閲覧室、会議室、学校体育施設、中央監視室、中継台室、電算機室、応接室	500lx	教室	400lx	教室、体育館 300lx その他同左	同左											
一般事務室、図書閲覧室、会議室、学校体育施設、中央監視室、中継台室、電算機室、応接室	500lx																		
教室	400lx																		
空気調和設備	熱負荷計算	暖房時乾球温度	事務室、教室等	22 (ファンコンベクター)	事務室、教室、便所 20	同左													
				20 (パネルヒーター)															
			放送室等	20 (パネルヒーター)															
			学校等の便所、廊下	18															
	体育館類	10	廊下、体育館暖房設備なし	同左															
空調機器	使用燃料	建設場所等状況考慮し比較決定(青西高;酸性雨考慮し灯油)		A重油	同左														
	放熱器	学校は原則ファンコンベクター。ただし、普通教室、便所、事務室、校長室、保健室、休養室、放送室等はパネルヒーター		鑄鉄製ラジエーター 特別教室はファンコンベクター	同左														
	温熱源機器	小規模な建物を除き2台を原則。能力は1台でも執務に影響がないものとする(概ね70%程度)		同左	同左														
換気設備	<table border="1"> <thead> <tr> <th>室名</th> <th>換気量</th> <th>換気方式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>便所、洗面所、印刷室</td> <td>5~10回</td> <td>3種中央</td> </tr> <tr> <td>一般教室</td> <td>20m3/人</td> <td>1種個別(熱交換型)</td> </tr> <tr> <td>コンピューター室類</td> <td>20m3/人</td> <td>1種個別(熱交換型)</td> </tr> <tr> <td>実習室、特別教室類</td> <td>20m3/人+機器必要換気量</td> <td>3種個別</td> </tr> </tbody> </table>		室名	換気量	換気方式	便所、洗面所、印刷室	5~10回	3種中央	一般教室	20m3/人	1種個別(熱交換型)	コンピューター室類	20m3/人	1種個別(熱交換型)	実習室、特別教室類	20m3/人+機器必要換気量	3種個別	教室は30cm窓用換気扇×2台程度	教室なし
	室名	換気量	換気方式																
	便所、洗面所、印刷室	5~10回	3種中央																
	一般教室	20m3/人	1種個別(熱交換型)																
コンピューター室類	20m3/人	1種個別(熱交換型)																	
実習室、特別教室類	20m3/人+機器必要換気量	3種個別																	
3種換気の場合は廊下等より外調機を介し給気		3種換気は考慮されてない	同左																
排気量の多い部屋(化学実験室、厨房等)は1種換気とし必要に応じて外気を温度調節		3種換気	同左																
熱源機器の一括発停、放熱器の電源管理及び外調機、換気扇類の発停程度		ファンコンベクターに限り配電盤で電源管理	同左																
監視制御	中央監視制御	遠方操作	暖房設備は曜日・日時スケジュール等のタイムスケジュールに従い自動発停できるシステム		なし	なし													
			ファンコンベクター類は事務室又は各準備室等にて電源管理		なし	なし													
	放熱器制御	ファンコンベクター類は風量制御		なし	なし														
		パネルヒーターはサーモバルブによる流量制御		なし	なし														
		原則として事務室にて電源管理		なし	なし														
	外調機制御	トイレ等の排気扇との連動運転		なし	なし														

(3) 1990年以降の延床面積の推移トレンド

1991～2000年までに増加した延床面積は、(1)に示すとおり114,400㎡であった。一方同じ時期に取壊された面積を表3.3に示す。学校施設台帳をもとに、平成8年(1995年)以降取壊された面積の実績値と、1991年～1995年までに大規模な建替えがあった校舎における取壊し面積を想定した値(建替え面積と同等)により、集計を行った。なお、1991年～1995年の取壊し面積については、一部学校施設台帳にデータが残されていたものを利用した。

表3.3 1991年以降2000年までの取壊し面積(学校)

建設年代	～1970年	～75年	～80年	～85年	～90年	～95年	～2000年	合計
取壊し面積(㎡)	53,569	1,658	874	10	36	257	11	56,415

弘前高校は、1991～95年の改築面積データから推計して算入。

(4) 青森県内の県立学校における延床面積の推移(試算)

延床面積の推移について、以下の想定に基づいて2010年までの試算を行った。

今後の新築(新設と建替えの合計)のペースは従来(1990年以降)の推移と同等と見込む(10年あたり114,400㎡)

一方、今後の取壊しのペースも、従来の推移と同等と見込む(10年間で56,400㎡)

上記の仮定に従って試算した場合、2010年の総延床面積は1990年に比較して16%増加する結果となった。なお、2000年の総延床面積の増加率は、1990年に比べて8%であった。

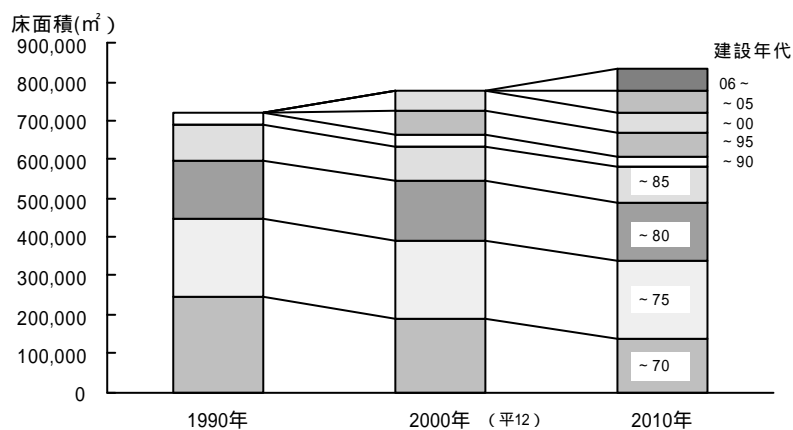


図3.2 青森県内の県立学校における総延床面積の推移(想定による試算)

3.1.2 温室効果ガス削減目標と環境負荷低減の可能性検討

(1) 県内の学校施設におけるエネルギー消費量の推移予測

青森県環境調和建築設計指針に示される対策を講じた場合における、県内学校施設における総エネルギー消費量の推移を、県立学校の延床面積の推移(想定値)を基に、1990年から2010

年までについて試算した。試算にあたっては、2001 年以降に環境調和建築設計指針を適用した場合（「水準 1」「水準 2」または「水準 3」を適用）と、適用しない場合（現行水準）それぞれについて、次の 示す仮定を基に試算を行った。

学校施設における延床面積の構成を以下のように分類した。

それぞれの分類に示される想定に従って算出した各面積の構成推移は、図 3. 3 に示される結果となった。

- ・ 既存面積； 1990 年以前に建設された校舎の延床面積。
- ・ 新築面積； 学校の新設や増築、既存校舎の老朽化に伴う建替え（既存校舎の取壊しを伴う改築含む）によって新築された校舎面積。2001 年以降に新たに新築される面積については、区別して「新規新築」とし、環境調和建築設計指針における新築計画（学校）の水準を適用する。
- ・ 改修面積； 既存校舎の老朽化に伴う改修工事（既存校舎の取壊しを伴わない）が施される延床面積。環境調和建築設計指針の改修計画（学校）の水準を適用する。2000 年以前については改修工事の実績が面積データとして得られなかったため、既存面積の一部として試算することとした。今回の試算では、2010 年の時点で築 30 年以上経過する校舎の面積については、2001 年から 2010 年の間にその全部に対して改修がなされると想定した。ただし、2010 年以降の 10 年間（2020 年まで）に取壊される面積は改修対象から除いた。なお、この条件に基づく改修面積は、あくまで今後、環境配慮目的の改修の対象となりうる面積を想定するものであり、実際には既に機能回復等のために改修が済んでいる校舎も含んでいる。

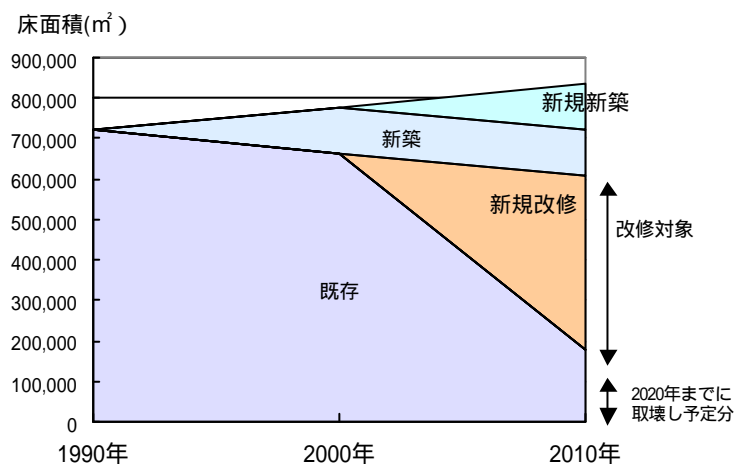


図 3. 3 2010 年までの既存面積、新築面積、改修面積の構成 (想定値)

延床面積あたり年間エネルギー消費量を で分類される対象面積ごとに設定した。

各水準の試算において設定した、各分類での単位面積あたりのエネルギー消費量原単位を表 3. 4 に示す。

- ・ 既存面積；平成 12 年度の県立学校施設エネルギー消費量の実績より算定した値を適用した。1990 年以前に建設された学校（普通高校）の、エネルギー消費量平均値（1990 年水準）とした。（3 編 2 章参照）
- ・ 新築面積；2001 年までに新築された校舎の面積については、平成 12 年度の県立学校施設エネルギー消費量の実績より算出した値を適用した。1990 年以降に建設された学校（普通高校）の、エネルギー消費量平均値（1990 年水準）とした。（3 編 2 章参照）

2001年以降に新築される面積（新規新築）に対しては、環境調和建築設計指針を適用しない場合（現行水準）と、適用した場合（「水準1」または「水準2」を適用）について試算を行った。

- ・ 改修面積；2001年以降に改修される面積については、環境調和建築設計指針を適用しない場合（現行水準）と、適用した場合（「水準1」「水準2」または「水準3」を適用）について試算を行った。

表 3. 4 試算に用いた各分類（新築、改修、既存）の単位面積あたりエネルギー消費原単位（学校）

(単位：MJ/年㎡)	1990年	2000年	2010年			
			現行水準	水準1	水準2	水準3
既存	517 ¹					
新築 (建替及び、新設校含む)	661 ²					
新規新築 (建替及び、新設校含む)			446 ³	324	293	
改修			517 ¹	357	274	245
エネルギー消費量 削減効果 ⁴	対1990年 水準	新築	-27%	-47%	-52%	
		改修	0%	-31%	-47%	-53%
	対現行水準	新築		-27%	-34%	
		改修		-31%	-47%	-53%

1；県内の学校施設エネルギー消費量の実績より、1990年以前に建設された学校（普通高校）の、エネルギー消費量 H12 年度平均値。主な建築設備仕様は、表 3. 2 に示される学校整備レベルの 1980 年水準に概ね相当。

2；県内の学校施設エネルギー消費量の実績より、建替えおよび新設により 1990 年以降に建設された学校（普通高校）の、エネルギー消費量 H12 年度平均値。主な建築設備仕様は、表 3. 2 に示される学校整備レベルの 1990 年水準に概ね相当。

3；主な建築設備仕様は、表 3. 2 に示される学校整備レベルの 2000 年水準に概ね相当。

4；第 5 編 3 章の検討（図 3.13、3.14）に基づく削減率。

上記より、試算を行ったところ図 3. 4 のような結果を得た。現行水準では 1990 年比 17% エネルギー消費量が増加するのに対して、水準 1 では - 5%、水準 2 では - 16% となることが示された。

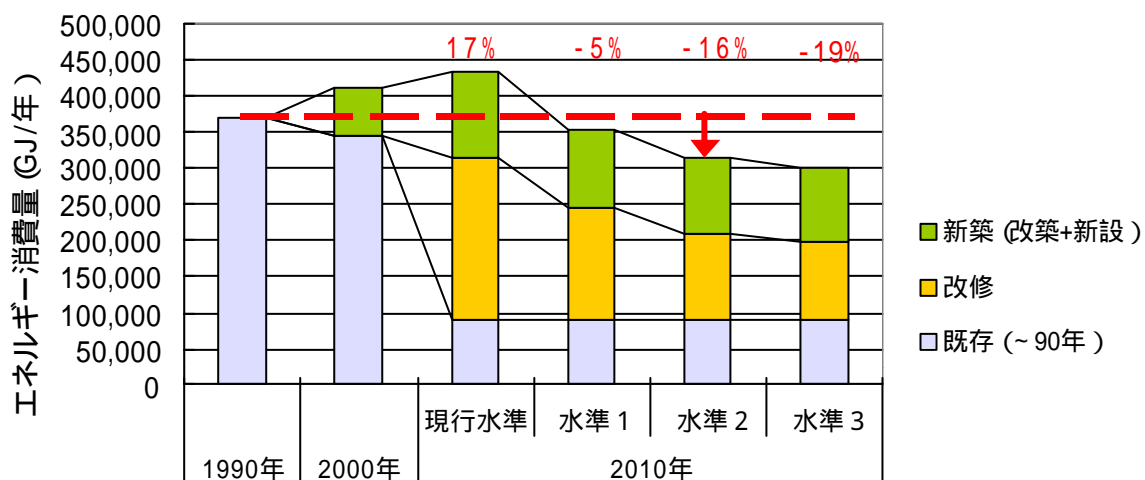


図 3. 4 県立学校の施設整備におけるエネルギー消費量の推移 (試算)

(2) 県内の学校施設におけるCO₂排出量の推移予測

青森県内の学校施設の延床面積の推移(図3.3)を基に、(1)と同様にして県内学校施設におけるCO₂排出量の推移を、各水準について試算した。CO₂排出の起源は、施設運用に伴う一次エネルギー消費とし、各水準でのCO₂排出量は、表3.4に示されるエネルギー消費量を基に、これとエネルギー種別のCO₂排出係数により算出、設定した。試算にあたっては、以下のような想定のもと、CO₂排出量を算出した。

電力使用に伴うCO₂排出量については、1990年からの電力のCO₂排出係数の低減による削減分も見込むこととした。

については、電力のCO₂排出係数の変化が、1999年以降2010年まで横ばいであった場合(=実質1990年比16%減に相当)について試算を行った。

なお、各年次(1990年、2000年)のCO₂排出係数は平成12年環境省発表資料(「温室効果ガス排出量算定方法検討会」平成12年)を参照した。また、電力のCO₂排出係数の低減による削減分を見込むにあたり、一次エネルギー消費量のうち電力の割合については、後述の第5編第3章において検討したCO₂消費量の削減内訳に拠るものとした。

延床面積あたり年間CO₂排出量を前述(1)で分類される対象面積ごとに設定した。

各分類での単位面積あたりのCO₂排出量について試算に用いた値を表3.5に示す。

表3.5 各分類(新築、改修、既存)の単位面積あたりCO₂排出量(学校)

(単位:kg-CO ₂ /年m ²)	1990年	2000年	2010年			
			現行水準	水準1	水準2	水準3
既存	30	29 ¹				
新築 (建替及び、新設校含む)	(34 ³)	32 ²				
新規新築 (建替及び、新設校含む)			21	15	13	
改修			29	17	13	11
CO ₂ 排出量 削減効果	対1990年 水準	新築	-38%	-55%	-62%	
		改修	-5%	-43%	-55%	-62%
	対現行水準 ⁴	新築		-28%	-39%	
		改修		-40%	-53%	-61%

1; 県内の学校施設エネルギー消費量の実績より算出された、1990年以前に建設された学校(普通高校)のCO₂排出量H12年度平均値。主な建築設備仕様は、表3.2に示される学校整備レベルの1980年水準に概ね相当。

2; 県内の学校施設エネルギー消費量の実績より算出された、建替えおよび新設により1990年以降に建設された学校(普通高校)のCO₂排出量H12年度平均値。主な建築設備仕様は、表3.2に示される学校整備レベルの1990年水準に概ね相当。

3; 試算には用いない数値であるが、対策による削減効果(対1990年水準)算出のため、1990年次の電力のCO₂排出係数を適用した値。主な建築設備仕様は、表3.2に示される学校整備レベルの1990年水準に概ね相当。

4; 第5編3章の検討(表3.21、3.22)に基づく削減率。環境調和建築設計指針2.3節<解説>目標値を概ね満たす。

上記より、試算を行ったところ図 3.5 のような結果を得た。現行水準では 1990 年比 8% CO₂ 排出量が増加するのに対して、水準 1 では -17%、水準 2 では -26% となることが示された。参考として、全ての改修において水準 3 を適用した場合には、-30% 削減されることが示された。

なお、で想定した電力の CO₂ 排出係数が、2010 年に 90 年比 10% 削減された場合と、90 年比 20% 削減された場合の結果を参考として、本編の最後 <参考> に示す。

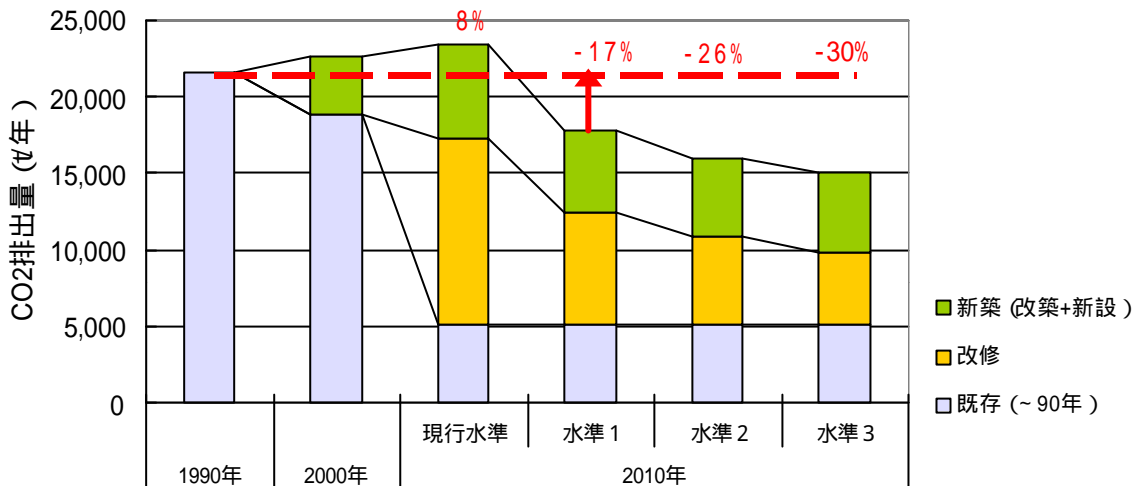


図 3.5 県立学校の施設整備における CO₂ 排出量の推移 (試算)

3.1.3 学校施設における環境負荷対策水準の検討

青森県において環境負荷低減を目指す際の指針としては、「青森県地球温暖化防止計画」(平成 13 年 4 月)にその目標レベルが示されている。本計画によると、青森県全体では温室効果ガス排出量を 1990 年に比較して 6.2% 削減することとされており、これより青森県内の森林吸収量を差し引いた 4.7% 分の削減が、新たな環境負荷低減対策として求められている。従って、これを青森県内の学校施設整備における環境負荷低減の目標として目安とするならば、これまで述べたとおり、エネルギー消費量の増加が従来のペースで進むなか、CO₂ 排出量を 90 年水準にまで抑えることは、非常に厳しい状況となっている。そこで、実現可能な対策水準を検討するため、県立学校の施設整備において 3.1.2 節で検討した水準を、2001 年以降に新築または改修する面積を対象として適用した場合の、初期投資額を試算した。

(1) 各水準における CO₂ 排出量と投資額

各水準における CO₂ 排出量の削減率と投資額の規模を比較した。試算にあたっては、後述第 5 編第 3 章で検討をおこなった各対策レベルに相当する環境調和手法 (表 3.18) とそれに応じたイニシャルコストの増加分 (表 3.19、表 3.20) を基に、各水準に相当する環境調和手法 (仕様比較) と導入に伴う投資額を表 3.6 のように設定し、県立学校全体の延床面積の推移より、2010 年までの 10 年間における初期投資額として、算出を行った。

表 3. 6 各水準における環境調和手法（仕様比較）及び施設整備対象面積（学校）

		新築	改修
現行水準 改修前水準	イニシャルコスト (円/m ²)	232,000	53,000
	断熱仕様（教室）	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ	内断熱 25mm、単層ガラス、 普通サッシ
	断熱仕様（屋根）	外断熱 50mm	外断熱 40mm
	外気処理（換気）方式	全熱交換器経由（普通教室のみ）	なし（第 3 種機械換気）
	照明方式	Hf 型蛍光灯	一般蛍光灯
	自動制御	ファンコンベクター 風量制御有り	ファンコンベクター 制御なし
	断熱仕様（体育館）	対策なし	対策なし
水準 1	イニシャルコスト増額分 (円/m ²)	2,310	4,570
	断熱仕様（教室）	外断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ
	断熱仕様（屋根）	外断熱 75mm	外断熱 50mm
	外気処理（換気）方式	全熱交換器経由	全熱交換器経由（普通教室のみ）
	照明方式	Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御	Hf 型蛍光灯
	自動制御	ファンコンベクター 風量制御有り	ファンコンベクター 風量制御有り
	断熱仕様（体育館）	対策なし	対策なし
相当する対策組合せ	Comb3	Comb1	
水準 2	イニシャルコスト増額分 (円/m ²)	3,630	4,790
	断熱仕様（教室）	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構（AT）サッシ	内断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ
	断熱仕様（屋根）	外断熱 100mm	外断熱 75mm
	外気処理（換気）方式	全熱交換器経由	全熱交換器経由
	照明方式	Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御	Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御
	自動制御	ファンコンベクター 風量制御有り	ファンコンベクター 風量制御有り
	断熱仕様（体育館）	対策あり、気密性の向上	対策なし
相当する対策組合せ	Comb4	Comb2	
水準 3	イニシャルコスト増額分 (円/m ²)		9,900
	断熱仕様（教室）		外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構（AT）サッシ
	断熱仕様（屋根）		外断熱 100mm
	外気処理（換気）方式		全熱交換器経由
	照明方式		Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御
	自動制御		ファンコンベクター 風量制御有り
	断熱仕様（体育館）		対策あり、気密性の向上
長寿命化		あり（残寿命 50 年）	
相当する対策組合せ		Comb5	
整備対象面積（2001～2010 年）		114,436 m ²	429,800 m ²

第 5 編第 3 章で検討（表 3.18）した対策組合せ

この試算の結果では、表 3.7 に示すとおり、青森県の温室効果ガス排出量削減目標に対しては、水準 1 に相当する程度の環境負荷低減手法の導入により、その目標を満たすことが示唆された。この場合の投資額の増加率は 4.5% と推定された。

なお、この試算では、試算条件としての改修対象面積に、既に機能回復等のための改修工事が済んでいる校舎も含まれている。また、各対策レベル導入により室内環境や、施設全体としての品質向上（メンテナンスのしやすさや、耐久性の向上など）が期待されるが、これらは評価に含まれていないので、単純な比較はできないことを十分考慮する必要がある。

表 3.7 県立学校の施設整備に環境調和手法を導入した場合の投資額（試算）

水準	2010 年までの CO ₂ 排出量増加率 (1990 年比)	2001 ~ 2010 年の 10 年間投資額			増加率
		イニシャルコスト (百万円) (下段：うち増加分)			
		新築 (改築+新設)	改修	合計	
現行水準	+8%	26,500	22,800	49,300	
水準 1	-17%	26,800 (300)	24,700 (1,900)	51,500 (2,200)	4.5%
水準 2	-26%	27,000 (500)	24,800 (2,000)	51,800 (2,500)	5.0%
水準 3	-30%		27,000 (4,200)	54,000 (4,700)	9.5%

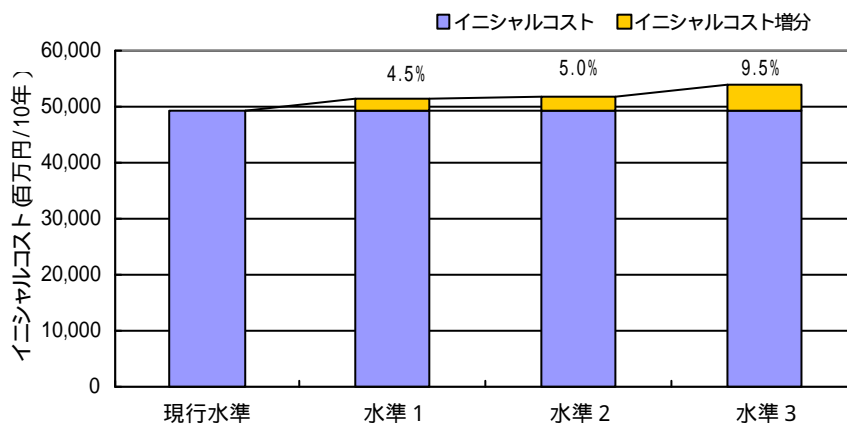


図 3.6 2001 ~ 2010 年までの県立学校施設の投資額の比較（試算）

(2) 2010 年までの学校施設整備における改修規模と CO₂ 排出量

(1) では、3.1.2 節における試算条件に従って、2010 年までに改修対象となる面積を、2010 年時点で築 30 年以上となる面積全てと想定し、試算を行った。現実には、2010 年までに築 30 年を迎える校舎についても、既に機能回復等のための改修工事が済んでいる場合が多く、改修対象となる面積は、これよりも少なくなることが予想された。

そこで、2001 年以降 2010 年までに新築あるいは改修が施される面積については全て水準 2 のメニューが施されることを想定し、改修面積の規模と CO₂ 排出量の削減効果を比較した。

改修規模のレベルは、A~D の4段階を想定した。この試算の場合、青森県の温室効果ガス排出量削減目標（-4.7%）に対しては、2010年までに改修規模Cに相当する改修面積（171,800 m²）に対する環境負荷低減対策（水準2）の導入が必要となる。その場合の投資額の増加率は3.5%と推定された。

表 3. 8 改修規模とCO₂排出量削減効果（水準2の場合）

改修規模	改修対象面積 (m ²)	2010年までの CO ₂ 排出量 増加率 (1990年比)	2001~2010年の10年間投資額			
			イニシャルコスト (百万円) (下段:うち増加分)			現行水準に 対する 増加率
			新築分 (114,436 m ²)	改修分	合計	
A	429,800	-26%	27,000 (500)	24,800 (2,000)	51,800 (2,500)	5.0%
B	294,300	-17%		17,000 (1,400)	44,000 (1,900)	4.3%
C	171,800	-8%		9,900 (800)	36,900 (1,300)	3.5%
D	83,400	-2%		4,800 (400)	31,800 (900)	2.6%

2000年時点で築20年が経過している既存面積（=2010年までに改修工事対象）のうち、機能改修が既に施されている面積の割合を次のように想定した場合を設定した。

- A：機能改修が全くなされていない。（（1）と同条件） C：築20年以上の既存面積の1/2が機能改修済み。
 B：築20年以上の既存面積の1/4が機能改修済み。 D：築20年以上の既存面積の3/4が機能改修済み。

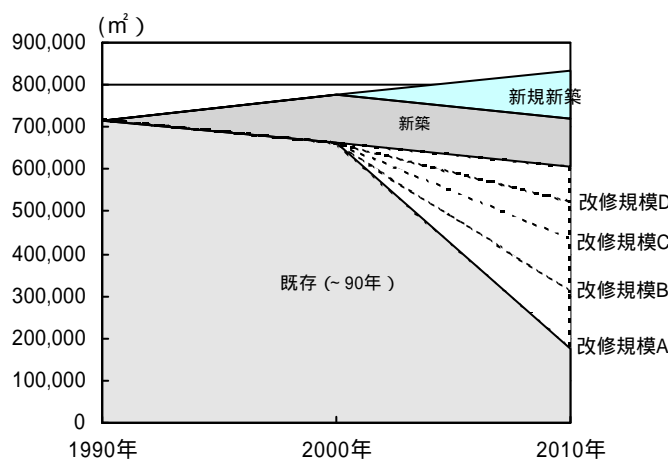


図 3. 7 改修規模と面積構成

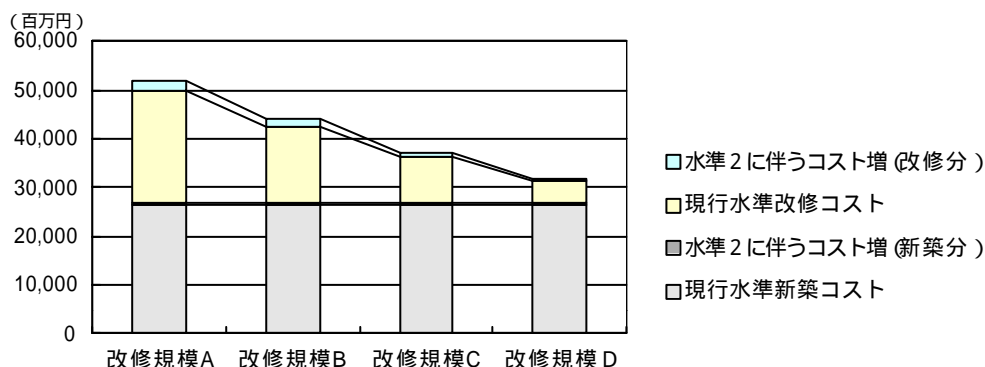


図 3. 8 改修面積の違いによる10年あたり投資額比較

3.2 庁舎整備による環境負荷低減の検討

3.2.1 青森県における庁舎施設の整備状況

(1) 2000年(平成12年)における庁舎の延床面積

以下に示す施設を集計対象範囲として、集計を行った。

- ・本庁舎(本館、別館)
- ・知事部局出先
- ・教育庁庁舎
- ・警察署(派出所、駐在所除く)

表 3. 9 庁舎施設の各棟延床面積の築年代別集計

建設年代	~1970年	~75年	~80年	~85年	~90年	~95年	~2000年	合計
知事部局	77,176	23,382	36,193	26,788	23,626	40,281	87,538	314,984
教育庁	6,566	17,837	6,088	0	6,988	10,243	16,299	64,022
警察	7,247	19,128	7,157	6,309	2,801	16,994	13,250	72,887
合計	90,989	60,347	49,439	33,097	33,416	67,518	117,087	451,893

(単位: m²)

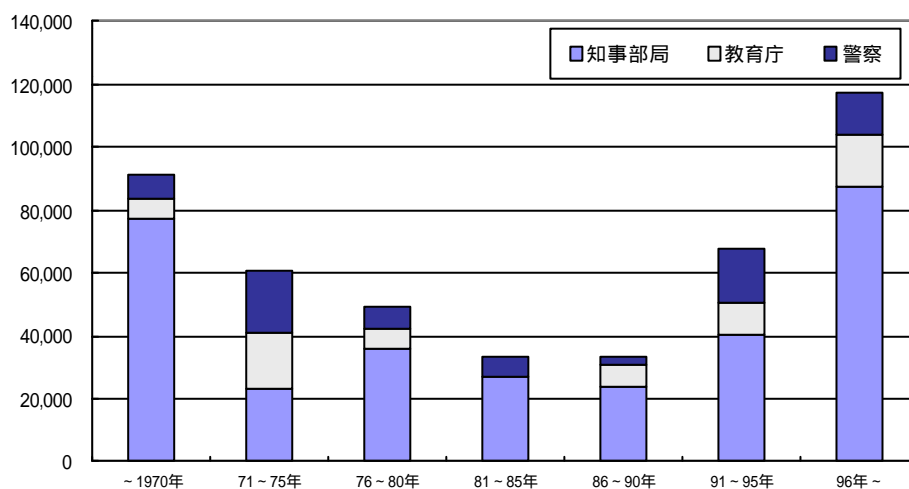


図 3. 9 庁舎施設の築年代別延床面積集計 (機関別)

(2) 庁舎の施設整備レベル

庁舎の施設整備レベルとして、新築計画の際に適用される整備技術概要を表 3. 10 に示す。

表 3. 10 庁舎施設の整備技術概要

技術項目			2002年(H12現設計)水準		1990年(H2年)水準	1980年(S55年)水準
建築	断熱材	厚さ	屋根	50mm	40mm	30mm
			壁、柱梁型	30mm	25mm	20mm
			床(基礎外周)	30mm	25mm	20mm
		材質	硬質ウツフォーム(吹付け含む)		同左	ポリスチレンフォーム
	外部建具	材質	アルミサッシ		同左	同左
	ガラス	ペアガラス		単板ガラス	同左	
電灯	照明器具	型式	Hf 蛍光灯器具のインバータ器具		下面開放 一般蛍光灯	同左
			意匠により機種選定		FRS2-402	同左
		制御	窓側照明の点滅は他の部分と別系統 廊下、ホール等は間引き点灯できる方式		同左 同左	特に定まっていない 特に定まっていない
	所要平均 照度	居室	一般事務室	500lx	400lx	300lx
空調調和 設備	熱負荷計算	暖房時 乾球温度	事務室	22 (ファンコイルタイプ) 20 (パネヒーター)	22	同左
			廊下	成り行き	同左	同左
		空調機	使用燃料	状況を考慮しA重油か灯油で比較決定		A重油
		放熱器	居室の使用形態によりパネヒーターかファンコイルタイプ比較検討		ラジエーター・ファンコイルタイプ	同左
		熱源	原則2台で執務に影響がないもの。1台で70%程度		同左	同左
換気設備	機器	容量	居室	30m ³ /人	同左	同左
		方式	3種換気		同左	同左
		外気補給	外調機による外気補給		廊下より給気	同左
		型式	標準は天井扇。		同左	同左
			冷房の居室は熱交換型換気扇採用		なし	なし
監視制御	中央監視 制御	遠方操作	熱源機器の一括発停、放熱器の電源管理及び外調機の発停程度		なし	なし
			暖房設備は曜日・日時スケジュール等に依り自動発停できるシステム		なし	なし
		放熱器 制御	ファンコイルタイプ類は事務室等で電源管理		同左	なし
			ファンコイルタイプは風量制御		なし	なし
			パネヒーターはサーモバルブによる流量制御		なし	なし
		外調機	原則として事務室で電源管理		なし	なし

(3) 1990年以降の延床面積の推移トレンド

1991～2000年までに増加した延床面積は、(1)に示すとおり184,600㎡であった。一方、同じ時期に取壊された面積を次に示す。平成2年及び平成12年財産台帳をもとに、集計を行った。

表3.11 1991以降2000年までの取壊し面積(庁舎)

建設年代	～1970年	～75年	～80年	～85年	～90年	～95年	～2000年	合計
知事部局	45,684	6,262	8,753	6,403	359	0	0	67,461
教育庁	4,103	0	0	0	0	0	0	4,103
警察	7,581	0	1,375	507	0	0	0	9,463
合計	57,368	6,262	10,128	6,910	359	0	0	81,026

(単位：㎡)

(4) 庁舎における延床面積の推移(試算)

延床面積の推移については、これまでに計画、着工されており、2010年までに工事完了予定の施設面積(計画値)に基づいて2010年までの試算を行った。

内訳は、10,760㎡が建替え施設、46,133㎡が新規に設置される施設であった。

上記の条件に従って試算した場合、2010年の総延床面積は1990年に比較して43%増加する結果となった。なお、2000年の総延床面積の増加は、1990年に比べて30%であった。

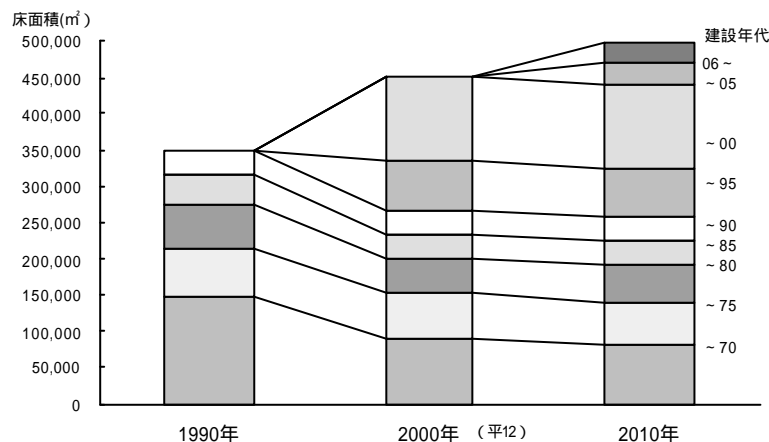


図3.10 青森県の庁舎における総延床面積の推移(想定による試算)

3.2.2 温室効果ガス削減目標と環境負荷低減の可能性検討

(1) 県内の庁舎におけるエネルギー消費量の推移予測

青森県環境調和建築設計指針に示される対策を講じた場合における、庁舎施設における総エネルギー消費量の推移を、青森県内の庁舎の延床面積の推移(想定値)を基に、1990年から2010年までについて試算した。試算にあたっては、2001年以降に環境調和建築設計指針を適用した場合(「水準1」「水準2」または「水準3」を適用)と、適用しない場合(現行水準)それぞれについて、次の に示す仮定を基に試算を行った。

庁舎施設における延床面積の構成を以下のように分類した。

それぞれの分類に示される想定に従って算出した各面積の構成推移は、図 3. 11 に示される結果となった。

- ・ 既存面積； 1990 年以前に建設された庁舎の延床面積。
- ・ 新築面積； 庁舎の新設や、既存庁舎の老朽化に伴う建替え（既存庁舎の取壊しを伴う。改築と同義）によって新築された施設面積。2001 年以降に新たに新築される面積については、区別して「新規新築」とし、環境調和建築設計指針における新築計画（庁舎）の水準を適用する。
- ・ 改修面積； 既存庁舎の老朽化に伴う改修工事（既存校舎の取壊しを伴わない）が施された延床面積。環境調和建築設計指針の改修計画（庁舎）の水準を適用する。2000 年以前については改修工事の実績が面積データとして得られなかったため、既存面積の一部として試算することとした。今回の試算では、築 30 年以上の面積については、2010 年までに全て改修がなされると想定した。ただし、2010 年以降の 10 年間（2020 年まで）に取壊されると想定される面積は改修面積から除いた。なお、この条件に基づく改修面積は、あくまで今後、環境配慮目的の改修の対象となりうる面積を想定するものであり、既に機能回復のために改修が済んでいる庁舎も含んでいる。

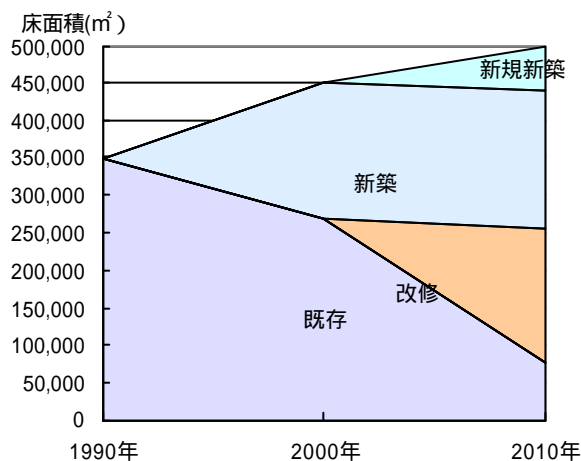


図 3. 11 2010 年までの既存面積、新築面積、改修面積の推移 (想定)

延床面積あたり年間エネルギー消費量を で分類される対象面積ごとに設定した。

各水準の試算において設定した、各分類での単位面積あたりのエネルギー消費量原単位を表 3. 12 に示す。

- ・ 既存面積；平成 12 年度の庁舎施設エネルギー消費量の実績（「平成 12 年地球にやさしい青森県行動プラン実績報告書」データ）より算定した値を適用した。1990 年以前に建設された庁舎の、エネルギー消費量平均値（1990 年水準）とした。（3 編 2 章参照）
- ・ 新築面積；2001 年以前に新築された庁舎の面積については、平成 12 年度の庁舎施設エネルギー消費量の実績（「平成 12 年地球にやさしい青森県行動プラン実績報告書」データ）より算出した値を適用した。1990 年以降に建設された庁舎のエネルギー消費量平均値（1990 年水準）とした。（3 編 2 章参照）
2001 年以降に新築される面積（新規新築）に対しては、環境調和建築設計指針を適用しない場合（現行水準）と、適用した場合（「水準 1」または「水準 2」を適用）について試算を行った。
- ・ 改修面積；2001 年以降に改修される面積については、環境調和建築設計指針を適用しない場合（現

行水準)と、適用した場合(「水準1」「水準2」または「水準3」を適用)について試算を行った。なお、改修面積については、冷房なしで改修を行った場合を想定し、現行水準は既存面積の原単位と同等と設定した。

表3.12 各分類(新築、改修、既存)の単位面積あたりエネルギー消費原単位(庁舎)

(単位: MJ/年㎡)	1990年	2000年	2010年			
			現行水準	水準1	水準2	水準3
既存	1,433 ¹					
新築 (建替及び、新設校含む)	2,016 ²					
新規新築 (建替及び、新設校含む)			1,920 ³	1,673	1,528	
改修 (冷房なし)			1,433 ⁴	1,065	917	850
エネルギー消費量 削減効果	対1990年 水準	新築	-5%	-17%	-24%	
		改修	0%	-26%	-36%	-41%
	対現行水準 ⁵	新築		-13%	-20%	
		改修		-26%	-36%	-41%

1; 県内の庁舎施設エネルギー消費量の実績(「平成12年地球にやさしい青森県行動プラン実績報告書」データ)より、1990年以前に建設された庁舎の、エネルギー消費量平均値。主な建築設備仕様は、表3.10に示される庁舎整備レベルの1980年水準に概ね相当。

2; 県内の庁舎施設エネルギー消費量の実績(「平成12年地球にやさしい青森県行動プラン実績報告書」データ)より、建替えおよび新設により1990年以降に建設された庁舎の、エネルギー消費量平均値。主な建築設備仕様は、表3.10に示される庁舎整備レベルの1990年水準に概ね相当。

3; 主な建築設備仕様は、表3.10に示される庁舎整備レベルの2000年水準に概ね相当。

4; 冷房なしで改修を行った場合を想定し、現行水準は既存面積の原単位と同等と設定した。

5; 第5編4章の検討(図4.8、4.9)に基づく削減率。

上記より、試算を行ったところ図3.12のような結果を得た。現行水準では1990年比70%エネルギー消費量が増加するのに対して、水準1では54%増、水準2では47%増となることが示された。

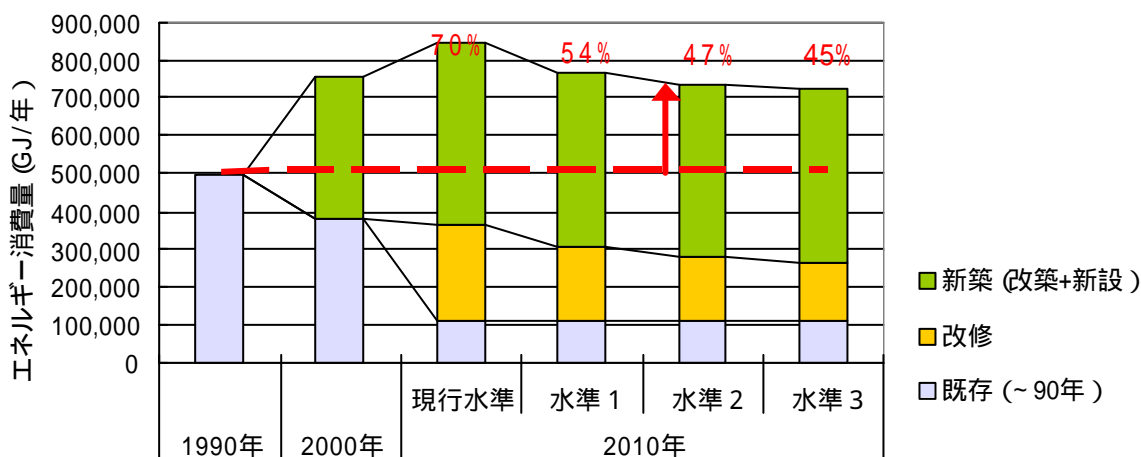


図3.12 庁舎整備におけるエネルギー消費量の推移(試算)

(2) 庁舎における CO₂ 排出量の推移予測

青森県内の庁舎施設の延床面積の推移(図 3.11)を基に、(1)と同様にして庁舎施設整備における CO₂ 排出量の推移を、各水準について試算した。CO₂ 排出の起源は、施設運用に伴う一次エネルギー消費とし、各水準での CO₂ 排出量は、表 3.12 に示されるエネルギー消費量を基に、これとエネルギー種別の CO₂ 排出係数により算出、設定した。試算にあたっては、以下のような想定のもと、CO₂ 排出量を算出した。

電力使用に伴う CO₂ 排出量については、1990 年からの電力の CO₂ 排出係数の低減による削減分も見込むこととした。

3.1.2 節の学校における検討と同条件とし、電力の CO₂ 排出係数の変化が 1999 年以降 2010 年まで横ばいであった場合 (= 実質 1990 年比 16% 減に相当) について試算を行った。延床面積あたり年間 CO₂ 排出量を前述(1) で分類される対象面積ごとに設定した。各分類での単位面積あたりの CO₂ 排出量を表 3.13 に示す。

表 3.13 各分類(新築、改修、既存)の単位面積あたり CO₂ 排出量(庁舎)

(単位: kg-CO ₂ /年m ²)	1990 年	2000 年	2010 年			
			現行水準	水準 1	水準 2	水準 3
既存	71	64 ¹				
新築 (建替及び、新設校含む)	(104 ³)	95 ²				
新規新築 (建替及び、新設校含む)			90	80	73	
改修 (冷房なし)			64	45	38	34
CO ₂ 排出量 削減効果	対 1990 年 水準	新築	- 13%	- 23%	- 29%	
		改修	- 10%	- 36%	- 47%	- 52%
	対現行水準 ⁴	新築		- 11%	- 19%	
		改修		- 29%	- 41%	- 47%

1; H12 年度エネルギー消費量実績より算出した、1990 年以前に建設された庁舎の CO₂ 排出量平均値。主な建築設備仕様は、表 3.10 に示される庁舎整備レベルの 1980 年水準に概ね相当。

2; H12 年度エネルギー消費量実績より算出した、建替えおよび新設により 1990 年以降に建設された庁舎の CO₂ 排出量平均値。主な建築設備仕様は、表 3.10 に示される庁舎整備レベルの 1990 年水準に概ね相当。

3; 試算には用いない数値であるが、対策による削減効果(対 1990 年水準)算出のため、1990 年次の電力の CO₂ 排出係数を適用した値。主な建築設備仕様は、表 3.10 に示される庁舎整備レベルの 1990 年水準に概ね相当。

4; 第 5 編 4 章の検討(表 4.22、4.23)に基づく削減率。環境調和建築設計指針 2.3 節<解説> 目標値を概ね満たす。

上記より、試算を行ったところ図 3.13 のような結果を得た。現行水準では 1990 年比 59% CO₂ 排出量が増加するのに対して、水準 1 では 43% 増、水準 2 では 36% 増となることが示された。

なお、で想定した電力のCO₂排出係数が、2010年に90年比10%削減された場合と、90年比20%削減された場合の結果を参考として、本編の最後<参考>に示す。

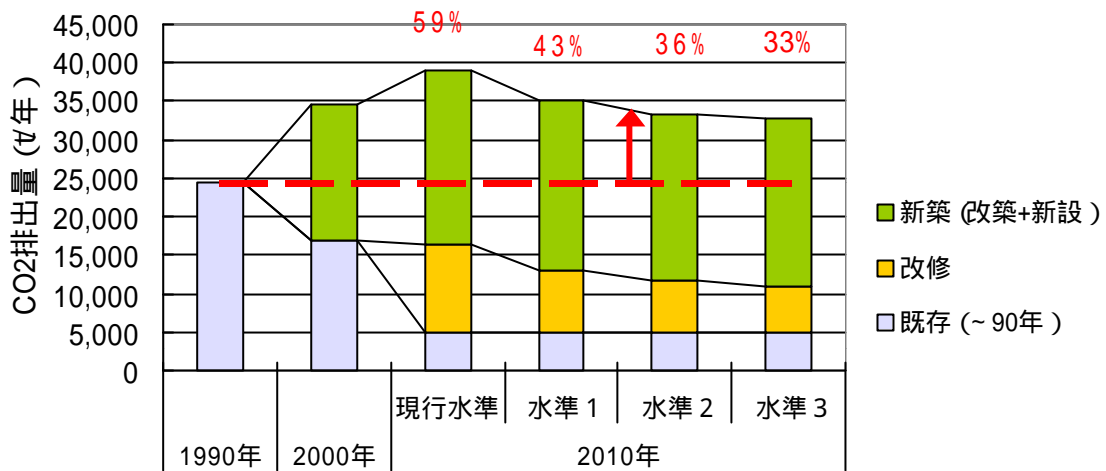


図 3. 13 庁舎整備におけるCO₂排出量の推移(試算)

3.2.3 庁舎施設整備における環境負荷対策レベルの検討

各水準におけるCO₂排出量の削減率と投資額の規模を比較した。試算にあたっては、後述第5編第4章で検討をおこなった各対策レベルに相当する環境調和手法(表4.19)とそれに応じたイニシャルコストの増加分(表4.20、表4.21)を基に、各水準に相当する環境調和手法(仕様比較)と導入に伴う投資額を表3.14のように設定し、庁舎施設全体の延床面積の推移より、2010年までの10年間における初期投資額として、算出を行った。

表 3. 14 各水準における環境調和手法（仕様比較）及び施設整備対象面積（庁舎）

		新築	改修（冷房なし）
現行水準 改修前水準	イニシャルコスト （円/m ² ）	259,000	57,100
	断熱仕様（壁・窓）	内断熱 30mm、複層ガラス、 普通サッシ	内断熱 20mm、単層ガラス、 普通サッシ
	断熱仕様（屋根）	外断熱 50mm	外断熱 30mm
	空調方式	CAV 制御 （単一ダクト+ファンコイル）	ファンコンベクター、 制御なし
	外気処理（換気）方式	なし（第 3 種機械換気）	なし（第 3 種機械換気）
	照明方式	Hf 型蛍光灯	一般蛍光灯
水準 1	イニシャルコスト増額分 （円/m ² ）	3,860	9,400
	断熱仕様（壁・窓）	外断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ	内断熱 30mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ
	断熱仕様（屋根）	外断熱 75mm	外断熱 50mm
	空調方式	VAV 制御 （単一ダクト+ファンコイル）	ファンコンベクター、 風量制御有り
	外気処理（換気）方式	全熱交換器経由	なし（第 3 種機械換気）
	照明方式	Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御	Hf 型蛍光灯
	相当する対策組合せ	Comb3	Comb1
水準 2	イニシャルコスト増額分 （円/m ² ）	9,050	11,500
	断熱仕様（壁・窓）	外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構（AT）サッシ	内断熱 50mm、複層ガラス、 気密パッキンサッシ
	断熱仕様（屋根）	外断熱 100mm	外断熱 75mm
	空調方式	VAV 制御 （単一ダクト+全空気式）	ファンコンベクター、 風量制御有り
	外気処理（換気）方式	全熱交換器経由	外調機+全熱交換器経由
	照明方式	Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御	Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御
	相当する対策組合せ	Comb5	Comb2
水準 3	イニシャルコスト増額分 （円/m ² ）		23,000
	断熱仕様（壁・窓）		外断熱 80mm、複層 Low-e ガラス、 気密機構（AT）サッシ
	断熱仕様（屋根）		外断熱 100mm
	空調方式		ファンコンベクター、 風量制御有り
	外気処理（換気）方式		外調機+全熱交換器経由
	照明方式		Hf 型蛍光灯、 初期照度補正、昼光利用制御
	長寿命化		あり（残寿命 50 年）
	相当する対策組合せ		Comb5
整備対象面積（2001～2010 年）		56,893 m ²	179,255 m ²

第 5 編第 4 章で検討（表 4.19）した対策組合せ

この試算の結果では、表 3. 15 に示すとおり、青森県の温室効果ガス排出量削減目標に対しては、今後整備される全ての施設において水準 2 に相当する程度の環境負荷低減手法の導入を図っても、その目標を達成できないことが示唆された。この場合の投資額の増加率は 10% と推定された。

なお、この試算では、試算条件としての改修対象面積に、既に機能回復等のための改修工事が済んでいる庁舎も含まれている。

表 3. 15 庁舎の施設整備に環境調和手法を導入した場合の投資額（試算）

水準	2010 年までの CO ₂ 排出量増加率 (1990 年比)	2001 ~ 2010 年の 10 年間投資額			増加率
		イニシャルコスト (百万円)			
		新築 (改築+新設)	改修	合計	
現行水準	59%	14,700	10,200	24,900	
水準 1	43%	15,000 (300)	11,900 (1,700)	26,900 (2,000)	8%
水準 2	36%	15,300 (600)	12,300 (2,100)	27,600 (2,700)	10%
水準 3	33%		14,400 (4,200)	29,700 (4,800)	19%

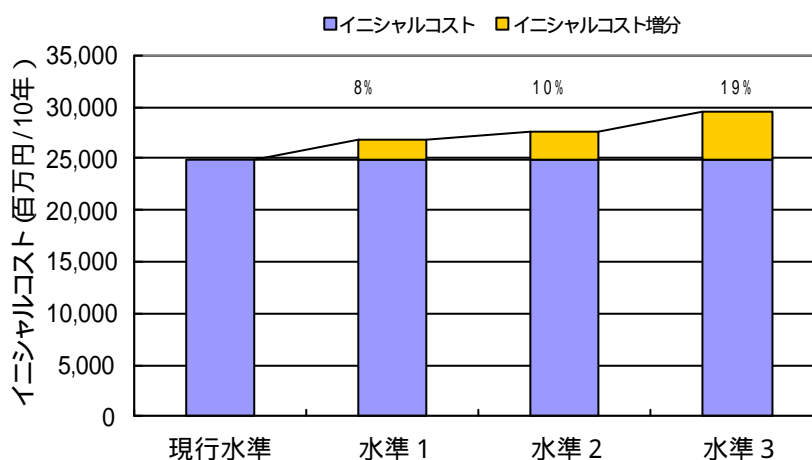


図 3. 14 2001 ~ 2010 年までの庁舎施設の投資額の比較（試算）

3.3 県有施設全体における環境負荷低減の目標達成の可能性

3.3.1 県有施設におけるエネルギー消費量の推移予測

3.1 及び 3.2 の結果を総合し、県有施設整備におけるエネルギー消費量の推移を予測した。

(1) 県立学校の試算条件

試算にあたり、県立学校の試算条件としては、3.1.3 (2) において改修規模に応じた環境負荷削減効果と投資額の比較を行った。ここで、水準 2 を適用した場合は、改修規模 C (改修対

象となる面積全体のうち、1/2 を 2010 年までの改修面積とする場合)において目標達成が可能であったことから、県有施設全体の推移予測における試算条件として、県立学校の場合は改修規模 C の条件を適用して試算を行う。

県立学校整備における改修規模 C の場合の環境負荷削減効果と、投資額を表 3. 16 に示す。一方、庁舎施設の場合については、3.2 節での検討結果を用いる。

表 3. 16 県立学校の施設整備（改修規模 C）に環境調和手法を導入した場合の投資額（試算）

水準	2010 年までの 環境負荷増加率 (1990 年比)		2001～2010 年の 10 年間投資額			増加率
			イニシャルコスト (百万円) (下段：うち増加分)			
	エネルギー 消費量	CO ₂ 排出量	新築 (改築+新設)	改修	合計	
現行水準	17%	8%	26,500	9,100	35,600	
水準 1	6%	-4%	26,800 (300)	9,900 (800)	36,700 (1,100)	3.0%
水準 2	1%	-8%	27,000	9,900 (800)	36,900 (1,300)	3.5%
水準 3	0%	-10%	(500)	10,900 (1,700)	37,900 (2,300)	6.1%

(2) 県有施設におけるエネルギー消費量

(1) の条件により試算を行ったところ、図 3. 15 のような結果を得た。現行水準では 1990 年比 47% エネルギー消費量が増加するのに対して、水準 1 では 33%、水準 2 では 27% となること示された。学校施設においてはほぼ 1990 年のレベルに抑えることが可能であるが(表 3. 16) 庁舎における 1990 年以降の面積増加とそれに伴うエネルギー消費量の急激な増大により、県有施設全体で 1990 年のレベルに抑えることが非常に困難であることが示唆された。

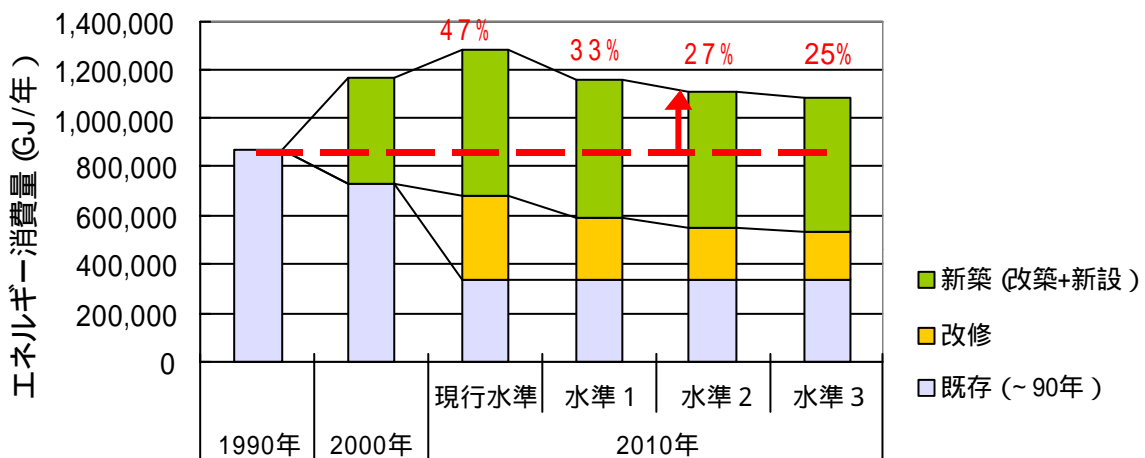


図 3. 15 県有施設のエネルギー消費量の推移 (試算)

3.3.2 県有施設における CO₂ 排出量の推移予測

3.3.1 節での検討と同条件にて試算を行った。結果を図 3.16 に示す。1990 年比 35%の CO₂ 排出量が増加するのに対して、水準 1 で 21%増、水準 2 で 15%増となることが示された。CO₂ 排出量については、電力の CO₂ 排出係数の低減を見込んでいること、また水準が上がるに従いエネルギー消費量に占める電力の割合が相対的に大きくなることから 3.3.1 節でのエネルギー消費量の推移よりは環境負荷増大傾向が抑えられている。しかし、ここでも 1990 年のレベルに抑えることは困難であることが示唆された。

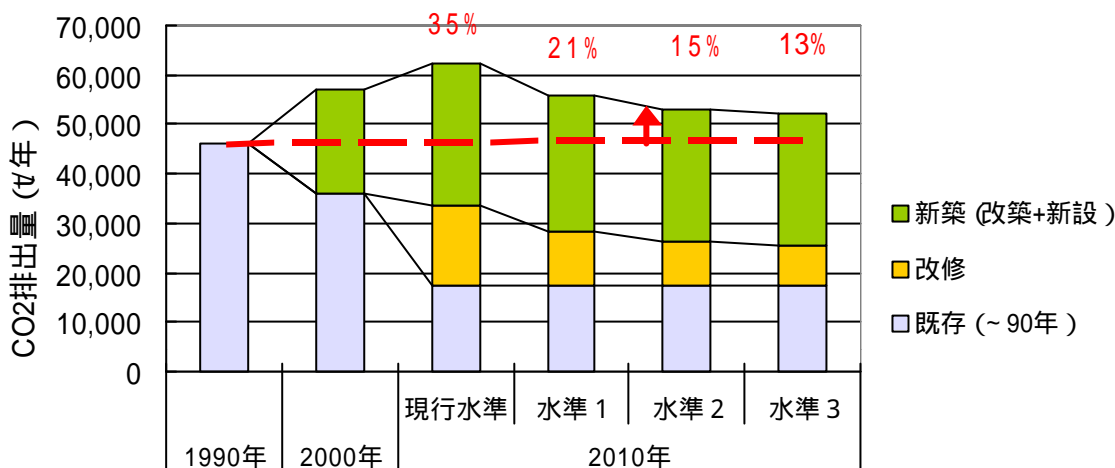


図 3.16 県有施設の CO₂ 排出量の推移 (試算)

3.3.3 県有施設における環境負荷対策レベルの検討

各水準における CO₂ 排出量の削減率と投資額の規模を比較した。

この試算の結果では、表 3.17 に示すとおり、青森県の温室効果ガス排出量削減目標に対しては、いずれの水準においても CO₂ 排出量は増加しており、その目標が達成されない可能性が示唆された。

水準 1 におけるイニシャルコストの増加率は 4.9%、水準 2 では 6.3%となった。

表 3.17 県有施設の整備に環境調和手法を導入した場合の投資額 (試算)

水準	2010 年までの CO ₂ 排出量増加率 (1990 年比)	2001 ~ 2010 年の 10 年間投資額			増加率
		イニシャルコスト (百万円)			
		新築 (改築+新設)	改修	合計	
現行水準	35%	41,300	19,300	60,600	
水準 1	21%	41,800 (500)	21,800 (2,500)	63,600 (3,000)	4.9%
水準 2	15%	42,200	22,200 (2,900)	64,400 (3,800)	6.3%
水準 3	13%	(900)	25,200 (5,900)	67,400 (6,800)	11.1%

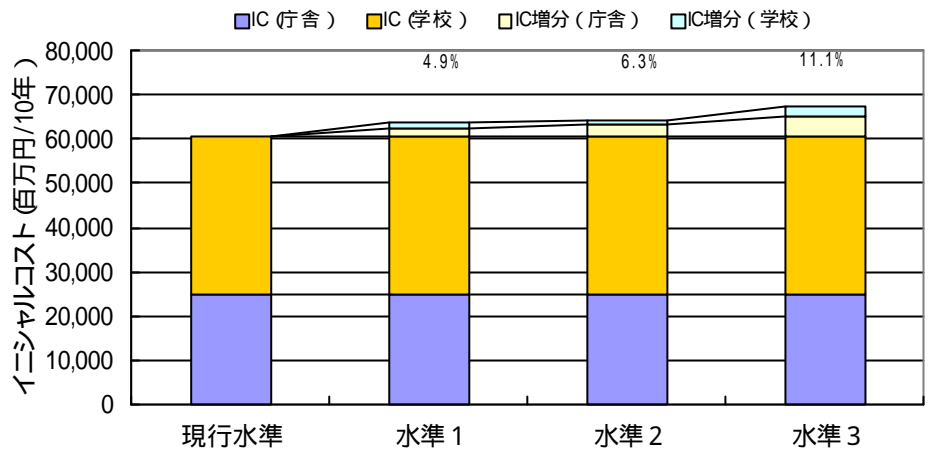


図 3. 17 2001～2010年までの県有施設の投資額の比較（試算）

< 参 考 > 電力の CO₂ 排出係数の変化に伴う環境負荷削減効果

3.1.2 節及び 3.2.2 節において試算条件に用いた電力の CO₂ 排出係数については、電力の CO₂ 排出係数の変化が、1999 年以降 2010 年まで横ばいであった場合(= 実質 1990 年比 16% 減に相当)に加えて、以下の場合についても試算を行った。

- a) 電力事業連合会「電力事業における環境行動計画」算定の削減目標 = 「2010 年までに排出係数として 1990 年比 20% 減」が達成された場合。
- b) 電力の CO₂ 排出係数の変化が、1999 年以降 2010 年まで横ばいであった場合 = 実質 1990 年比 16% 減に相当 (3.1.2 節、3.2.2 節での試算条件)
- c) 上記 a) の目標に対して、削減率が 10% にとどまった場合。

下表に、県立学校と庁舎それぞれの施設整備における上記 a) ~ c) の条件での環境負荷削減効果を示す。

県立学校の施設整備 (規模 A) における環境負荷削減効果

	a) 90年比20%減		b) 99年水準 (90年比16%減相当)		c) 90年比10%減	
	CO ₂ 排出量 (t/年)	削減率	CO ₂ 排出量 (t/年)	削減率	CO ₂ 排出量 (t/年)	削減率
1990年	21,600	0%	21,600	0%	21,600	0%
2000年	22,600	5%	22,600	5%	22,600	5%
2010年 現行水準	23,000	6%	23,400	8%	24,000	11%
水準 1	17,500	-19%	17,800	-17%	18,400	-15%
水準 2	15,600	-28%	16,000	-26%	16,400	-24%
水準 3	14,700	-32%	15,000	-30%	15,500	-28%

庁舎の施設整備における環境負荷削減効果

	a) 90年比20%減		b) 99年水準 (90年比16%減相当)		c) 90年比10%減	
	CO ₂ 排出量 (t/年)	削減率	CO ₂ 排出量 (t/年)	削減率	CO ₂ 排出量 (t/年)	削減率
1990年	24,600	0%	24,600	0%	24,600	0%
2000年	34,500	41%	34,500	41%	34,500	41%
2010年 現行水準	38,100	55%	38,900	59%	40,100	63%
水準 1	34,300	40%	35,100	43%	36,100	47%
水準 2	32,600	33%	33,300	36%	34,400	40%
水準 3	31,900	30%	32,700	33%	33,700	37%

第4編 今後の課題

1. 県有施設整備における環境負荷低減とコスト縮減

1.1 青森県地球温暖化防止計画の実効性と財政措置

今後の県有施設整備で水準2相当の対策を講じた場合のCO₂排出量については、第3編3.3.2節における施設整備全体での予測検討により、2010年においては対1990年比15%の増加が見込まれた。長寿命化対策と併せ環境調和対策を講じた場合でも、水準3において13%の増加まで抑えられたものの、水準1相当の対策では、21%の増加と試算された。

これは主に、庁舎施設からのCO₂排出量の増加によるもので、3.2.2節の検討では水準2相当の対策でも対1990年比36%の増加が見込まれている。こうした庁舎施設におけるCO₂排出増大の原因は、1990年から2000年の間における床面積の急激な増加にある。この間の床面積の増加率は、図1.2に示すとおり約30%となっており、このような状況下で県有施設全体の環境負荷の削減目標達成は非常に困難なものとなっている。また、長寿命化を目指した改修計画も重要であることが示された。

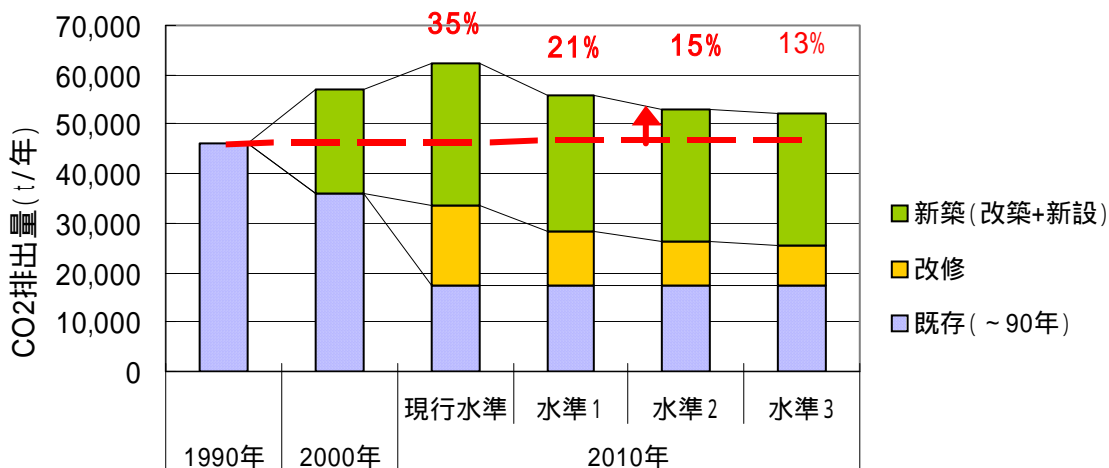


図 1.1 県有施設におけるCO₂排出量の推移試算 (再掲)

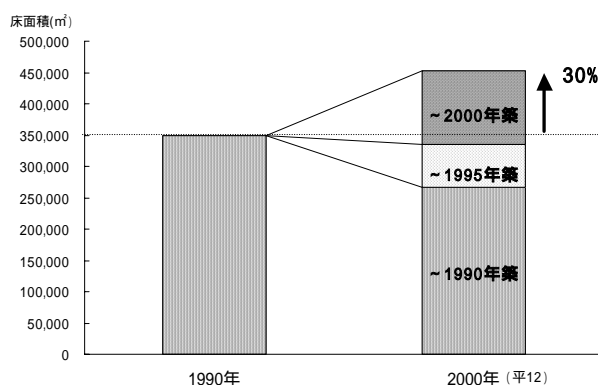


図 1.2 1990年から2000年までの庁舎施設における床面積増加

一方、この検討条件の場合、3.3.3節に示すとおり、2010年までの10年間に必要となる県有施設整備全体でのイニシャルコスト(IC)増加率は、水準1で4.9%、水準2では6.3%という結果であった。初期投資に着目して予算化を行う従来どおりの制度を踏襲するならば、コスト縮減が重要な政策課題となっている県の財政状況からも、こうした県有施設整備を通じた環境負荷低減の実施は困難な状態に置

かれているといえる。

なお水準2に加え、各施設における運用改善による削減努力も見込んだ場合の試算結果についても、試算を行った。青森県では、「地球にやさしい青森県行動プラン」による行動計画によって、平成16年を目標としたエネルギー消費量の削減目標が設定されている。この行動計画に従い電力と重油の年間消費量について、それぞれの削減目標（電力-6.6%、重油-6.8%）が運用改善によって達成された場合、図1.2中「+運用改善」に示すとおり、2010年時点では県有施設全体で1990年比相等（±0%）となった。青森県地球温暖化防止計画における削減シナリオ3（県全体での削減目標から森林吸収分を除いたケース）での目標値は、対1990年比4.7%となっており、こうした運用上の削減努力を加えても目標の達成が極めて困難である状況が示された。

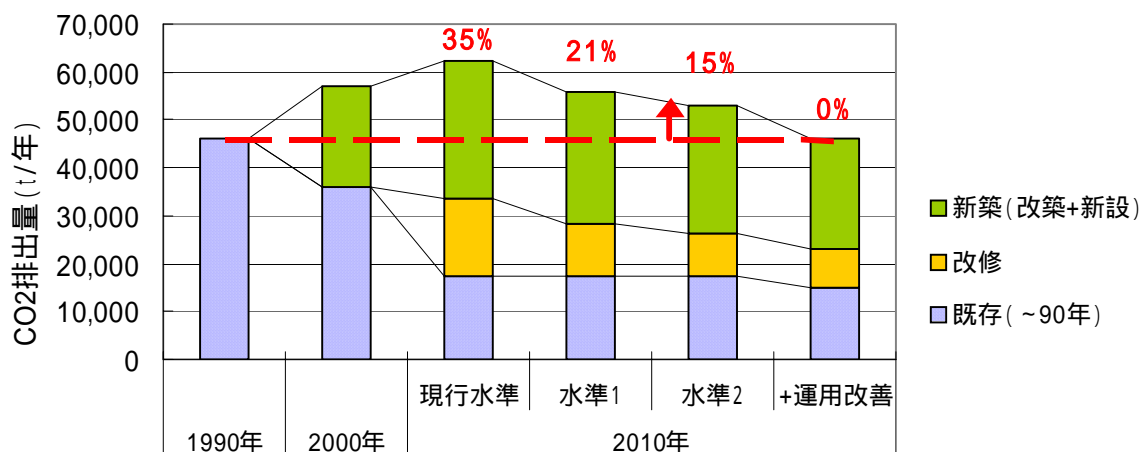


図 1.3 県有施設における CO2 排出量の推移試算（運用改善を伴う）

1.2 県有施設におけるファシリティマネジメント (FM) の必要性

前述のように、今後コスト削減を図りながら環境負削減の目標を達成していくには、施設整備における環境負荷低減対策の実施だけでは、現実的に困難であることが示唆された。

前述のようにイニシャルコストだけをシミュレーションにより評価すると、新築時において環境負荷低減対策を導入した場合、単位面積当たりの初期投資は水準1相当では約1~2%、水準2相当では約2~4%増加すると見込まれる。一方、環境負荷低減対策を導入した施設は一般的に省エネルギーが図られ、光熱水費が下がることが期待される。こうした運用コストも考慮に入れた施設の生涯コスト (LCC: ライフサイクルコスト) の考え方を導入することは、県の財政全体に対するコスト抑制に繋がるものである。LCCに占める運用段階でのコストの割合は、図1.4に示すとおり一般的には約3/4を占めていると言われる。従って、LCC全体の抑制には運用コストの削減が大きく影響するといえ、環境負荷低減対策の有効性についてその可能性が示唆された。今回の検討においてはLCCで評価した場合、新築建物では、水準1相当で約1%、水準2相当では約1~2%の削減が見込まれた。更には、この評価では前提条件として施設の耐用年数を50年寿命としているが(新築建物)、更なる長寿命化が図られれば一層のLCC削減が期待できる。

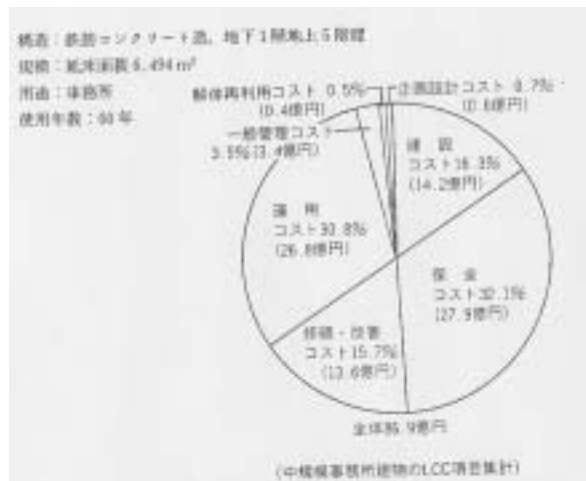


図 1.4 中規模事務所建物における LCC の構成 (6,000 型モデル円グラフ)

出典：「改訂 建築物のライフサイクルコスト」建設大臣官房官庁営繕部監修、財団法人建築保全センター（平成12年）

このような認識から、県有施設の整備を技術的側面だけでなく、その生涯について全体的にマネジメントしていく考え方が検討されている。「FM(ファシリティマネジメント)を活用した県有施設の効果的な管理運営手法の導入に関する調査研究」(青森県、平成15年3月)によれば、LCCの考え方導入について以下のように記述されている；

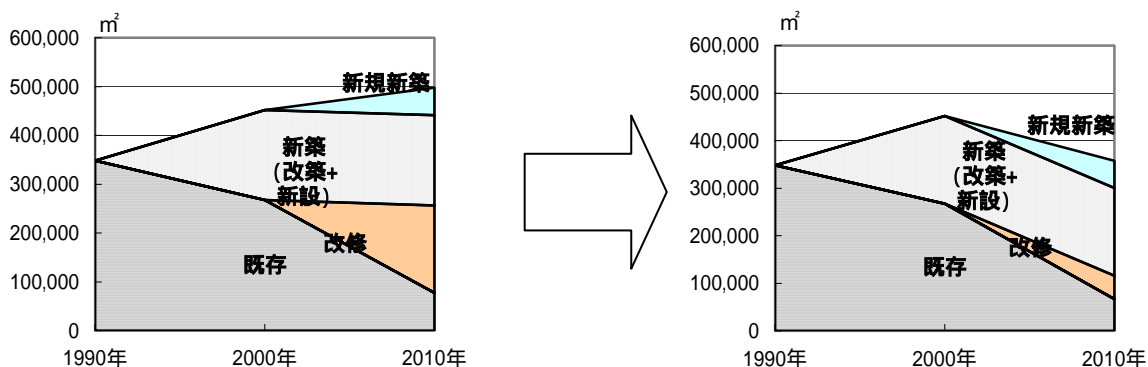
LCCを導入する場合は、建築物の耐用年数の設定が重要になる。耐用年数については、社会的寿命、機能的寿命、物理的寿命を勘案し決定する必要がある。耐用年数の設定は、初期投資である建設コストの妥当性の判断材料としても重要である。このことは、施設整備水準について、建設コストと仕様グレード(躯体仕様、仕上仕様、設備仕様)といった狭い視野での検討から生涯コストと性能グレード(安全性能、耐久・美観性能、環境性能)といった広い視野での検討を促すことにつながる。

以上の考え方は、既存施設について改築か延命化改修かの判断に応用することができるが、多くの既存ストックを有する県が、今後、安易な建て替えから脱却するためには、このような検討のプロセスをどのように構築するかが課題と言えよう。

(「FM(ファシリティマネジメント)を活用した県有施設の効果的な管理運営手法の導入に関する調査研究」p9)

一方、環境負荷削減の目標達成が困難な状況については、先に示したように、1990年以降における庁舎施設の延床面積の大幅な増加に起因している。この点に関しても、県有施設全体をマネジメントする視点で県有施設の全体面積を抑制していく考え方が、前述「FMを活用した県有施設の効果的な管理運営手法の導入に関する調査研究」に述べられている。これによれば、面積抑制によって平成22年(2010年)時点の削減目標に近づくために必要となる庁舎の解体処分面積を次のように試算している；

古い建築物から解体処分して行くとした場合、平成22年時点で、昭和50年以前の全ての建築物を解体処分しなければならない結果となる。面積で14万㎡となり、年当たり1万5千㎡の純粋な解体処分を行う計算となる。この面積は、県庁舎別館(警察本部)に相当する。



(「FM(ファシリティマネジメント)を活用した県有施設の効果的な管理運営手法の導入に関する調査研究」p25)

上記検討をふまえ、庁舎の場合、以下三つの対策を全て講じた上で、2010年におけるCO₂排出量は図1.4に示されるとおり、ようやく対1990年比2%の削減が可能となる。

上述の検討に相当する延べ床の面積の抑制(県有施設全体のファシリティマネジメント)
 今後の施設整備を通じた対策(新規新築と改修における「青森環境調和建築設計指針」の適用)
 日常的なエネルギー消費量の節約(「地球にやさしい青森県行動プラン」による行動計画等の実践)

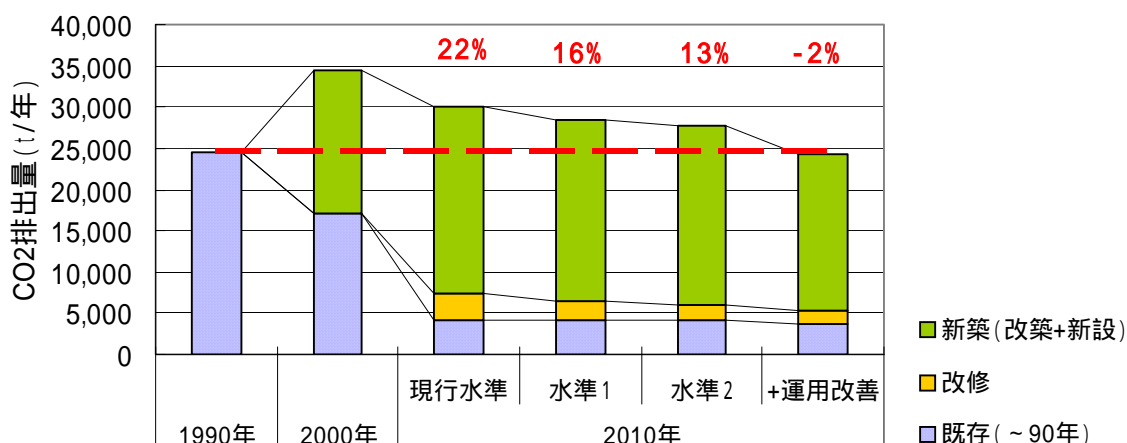


図 1.5 庁舎における環境負荷低減の可能性

2. 指針の今後の活用方策(ストックマネジメントへの展開)

2.1 EMSに基づくモニタリングの実施

青森県では ISO14001 認証を取得しており、県内各施設では既に環境マネジメントシステム(以下、EMS)に基づいた年間のエネルギーや水消費量、グリーン購入の実績などの報告が行われ、これらの集計結果は県のホームページにおいて公表されている。本 EMS ではこのような庁舎内の事務活動のみだけでなく、県が実施する事業についても対象としている。事業は、案件ごとに分担表と呼ばれる書式に登録されることになっており、EMS の監視項目として PDCA サイクルで運用する。

今後は、本指針に従って施設計画を行い、この分担表に逐次登録(新築計画、改修計画とも)していくことによって、施設ごとでの適正な運用・管理に役立てることが可能になる。

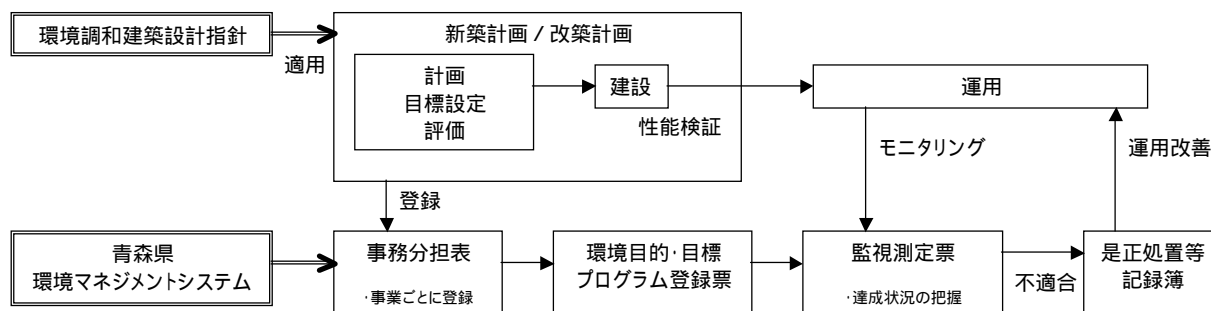


図 1.6 青森県環境マネジメントシステムへの環境調和建築設計指針の活用

2.2 データベースの整備

県有施設の膨大な既存ストックを管理運営する上で、施設・設備の状況、改修履歴等、エネルギー使用量等のデータ等の情報を蓄積し整備することは非常に重要である。このため、保全台帳データベースのような維持保全・適正管理を支援する道具立てが必要である。2.1 節のとおり、EMS を活用することで、監視測定に基づく各施設の運用実績データを蓄積することが可能である。これをデータベースとして整備することが今後の課題となる。

このような施設情報の整備と活用は、環境負荷低減対策を進める上で重要な要素である一方、維持保全・適正管理の支援は、対症修繕から予防保全への転換とそれによる施設の延命化をもたらし、LCC の最小化にも繋がるものである。特に本報告書における今回の LCC 評価はシミュレーションに基づくため、省エネルギーといった限られた対策についてしか、その効果を反映することができなかった。その他、維持管理費などに要する実績値の洗い出しや経費予測など、より精度の高い LCC 算出に必要なコストデータの整備も急務である。

2.3 改修計画（マスタープランの策定）への活用

将来の県有施設整備において既存ストックの改修が大きな割合を占めることは、スクラップ&ビルドに対する社会的批判や県の財政状況などからも確実なものと考えられる。このような中、過去の建設ラッシュに連動して大規模な改修の必要となる既存施設が大量に発生する時期を迎え、周期的な財政支出のピーク出現が予想されている。

こうした財政支出のピークを平準化するためには、県有施設全体を対象とした改修計画のマスタープラン策定が必須となる。前述 2.2 のようなデータベースは個別の施設の適正な運用、延命化のほかにも、こうしたマスタープラン策定のためにも重要な情報を提供するものである。保全・修繕に関するコスト予測が容易となり、財政負担を平準化しながら県有施設全体での修繕・改修計画を策定し、確実に実施に移すことが可能となる。

以上のように、青森県環境調和建築設計指針は、県有施設全体での環境負荷低減とコスト縮減の実現に向けた一連の取組みの出発点となるものである。

第5編 青森県環境調和建築設計指針技術マニュアル

第1章 計画手順

1.1 手順の概要

1.1.1 新（改）築の場合

環境調和建築を新築・改築する場合の計画・設計にあたっては、以下の手順で進める。

建設地、建設用途等、施設条件を整理し、建築・設備の仕様を想定する。

建物規模、用途、予算、政策等を勘案し、庁舎及び学校では水準設定により運用 CO₂ 排出量、LCCO₂、IC、LCC の大まかな目標値を想定する。その他の施設では別途検討を行う。

庁舎及び学校では「環境負荷低減手法選択シート（以下、「選択シート」という。）」（参考資料 3.4 - 環境負荷低減手法選択シート（学校版）・（庁舎版））により、想定した目標が達成可能な対策レベルを選定する。その他の施設では別途検討を行う。

指針の5項目それぞれについて、環境調和建築チェックシート（以下、「チェックシート」という）に基づき配慮度合いを確認する。

実際に計画を進めるにあたっては、「選択シート」により、各種環境負荷低減手法とその採用に伴うコストを大まかに把握し、計画の骨組みを決定するとともに、指針の5項目それぞれについて、チェックシートに基づき配慮度合いを確認する。

1.1.2 改修の場合

改修の場合は、まず（1）環境性能診断を実施し、その結果、改修が必要と判断された場合に、（2）改修計画へと進む。

（1）環境性能診断

ここでの主目的は、エネルギー多消費の傾向を把握するとともに、室内環境の確保について確認を行う。県有既存建物について性能診断するにあたっては、「官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針」に従い、以下の手順で進める。

性能診断は、机上調査により傾向を把握した上で、必要に応じて、温湿度等の測定、ヒアリング調査、図面調査、現地調査を実施する。

既存の実績データ等により、施設のエネルギー使用量や水の消費量を調査、分析し、運用実態を考慮した上で県有建築物の環境に対する配慮度合いを定量的に評価する。

（2）改修計画

改修計画を実施するにあたっては、「官庁施設の環境配慮診断・改修（グリーン診断・改修）計画指針」に従い、以下の手順で進める。

劣化などの理由で改修を必要とする建築及び設備の部位やシステムについてあらかじめ抽出する。

施設の環境性能診断結果をもとに、適用可能な環境負荷低減手法の抽出を行う。

庁舎及び学校では、適用可能な環境負荷低減手法で、定量的な評価が可能なものは、改修時点を基点とした LCCO₂、LCC、改修後の運用 CO₂ 排出量の削減効果、IC を「選択シート」を用いて算出する。その他の施設では別途検討を行う。

立地、構造、法的・社会的情勢を考慮して、環境負荷低減手法の採否を決定する。

改修による施設の環境に対する配慮度合いの改善効果を「チェックシート」を用いて評価する。

適正な運用管理並びに効果の検証を支援するため、必要な計測システム又は計量システムの採用を検討する。

1.2 環境負荷低減手法選択シート

計画にあたって必要な定量評価を行うにあたり、評価ツールとして、「環境負荷低減手法選択シート」を学校版、庁舎版について整備した。ツールの詳細は、本編の「第3章 学校に関わる事項」、「第4章 庁舎に関わる事項」による。

1.3 環境調和建築（指針適合度）チェックシート

計画にあたり配慮が行われるべき項目が実際の計画にどの程度考慮されているかを確認するため、「環境調和建築チェックシート」を作成した。

チェック項目は大きくは以下の5つの環境負荷項目に分類される。

- ・ 「周辺環境への配慮」
- ・ 「運用段階の省エネ・省資源」
- ・ 「長寿命」
- ・ 「エコマテリアル」
- ・ 「適正使用・適正処理」

それぞれの項目は類似した「グリーン化技術の例示」毎の例示群にまとめられ、例示群毎に「青森県環境調和建築設計指針」の配慮度合いに応じて0~2点で採点する。配慮度合いの採点は、「青森県環境調和建築設計指針」の内容・考え方の配慮度合い、もしくは当該例示技術の適用規模などにより採点者が0~2点を判断する。採点の基本的な考え方を表1.1に示す。また、「青森県環境調和建築設計指針」において具体的な対策レベルが設定されているグリーン化技術は特に配慮が必要な重点技術

表 1.1 グリーン化技術の例示群・重要技術の採点基準

配点	対策レベルが設定されている重点技術を含んでいない グリーン化技術の例示群		対策レベルが設定されている 重点技術（補助表で採点）
0点	指針が考慮されていない	適用なし	対策なし
1点	指針が考慮されている	適用規模小	対策レベル1
2点	特段に考慮されている	適用規模大	対策レベル2、3

重点技術（下記の項目の行頭数字はチェックシートの当該箇所それぞれに対応している）

指針にて対策レベルが設定されているグリーン化技術

2.1(1)- 高断熱・高気密、 外断熱 （断熱仕様として指針に定められている）

2.1(2)- 複層/Low-e （ガラス種別として指針に定められている）

2.3(1)- 排気熱回収 （外気処理として指針に定められている）

2.3(3)- VAV、 VWV （空調方式として指針に定められている）

2.3(4)- 高効率照明器具、 初期照度補正制御、 昼光利用制御
（照明方式として指針に定められている）

2.3(6)- 自動制御 （自動制御の導入として設定されている）

指針にて導入の検討を謳っているグリーン化技術

2.2(2)- ナイトパーズ （立地条件、建物用途等により導入の検討を行う。）

2.2(3)-自然エネルギー利用 （立地条件、建物用途等により導入の検討を行う。）

であるため、それらを含んでいる例示群（図 1.1 の配慮度合い採点欄が橙色の例示群）に関しては、補助表を用いて重点技術の配慮度合いをチェックし、補助表の集計結果を参考に「チェックシート」の配慮度合いを採点する。補助表の集計は重点技術の採点結果が高く評価されるように重み付けを行っている。

1) 補助表の採点ルール

指針にて具体的に対策レベルが設定されている重点技術や導入の検討が謳われている重点技術が含まれる例示群に関しては、補助表（図 1.2）を用いて採点する。

補助表の集計（配慮度合い）は採点する技術の対策が不可欠である場合に特に高い重み付けがなされるように数式が組み込まれている。下記の、に重み付けのルールを示す。採点の基準は表 1.1 と同じである。

重点技術への対策が不可欠な場合の配点

2.1-(1) 外壁・屋根・床の断熱				
グリーン化技術例示	適用規模	重み	点数	配慮度合い
高断熱・高気密	(0,1,2)点	×1.0	0~2	点数合計 < 1 0
それ以外の対策	(0,1,2)点	×0.5	0~1	点数合計 < 1.5 1
合計			0~3	点数合計 1.5 2

重点技術の採点が2点であれば、無条件で「配慮度合い=2」となる。重点技術の採点が0点の場合は、それ以外の対策で2点と採点しても、「配慮度合い=1」となる。

（対象となる重点技術）

- 2.1 (1)- 高断熱・高気密、 外断熱、(2)- 複層/Low-e
 2.3 (1)- 排気熱回収、(4)- 高効率照明器具、 初期照度補正制御、 昼光利用制御、(6)- 自動制御

上記以外の重点技術が含まれている場合の配点

2.2-(2) 自然換気				
グリーン化技術例示	適用規模	重み	点数	配慮度合い
ナイトパージ	(0,1,2)点	×1.0	0~2	点数合計 = 0 0
それ以外の対策	(0,1,2)点	×1.0	0~2	点数合計 = 1 1
合計			0~4	点数合計 2 2

重点技術の採点が2点であれば、無条件で「配慮度合い=2」となる。但し、重点技術の採点が0点でも、それ以外の対策で2点と採点すれば、「配慮度合い=2」となる。

（対象となる重点技術）

- 2.2 (2)- ナイトパージ
 2.2 (3)- 自然エネルギー利用
 2.3 (3)- VAV、 VWV

2) 実施時期

新築計画では「基本設計段階」、「実施設計段階」、「竣工段階」と計画の進行度に合わせて記入を行う。改修計画では、既存建物を「改修前」、改修計画にあわせて「改修後」のそれぞれを採点する。シート上には「LCCO₂」、「LCC」、「IC」、「運用CO₂排出量」、「一次エネルギー消費量」が環境負荷低減手法選択シートの結果を反映して記入する。

チェックシートは全施設で共通の書式である。但し、上記した「LCCO₂」、「LCC」、「IC」、「運用CO₂排出量」、「一次エネルギー消費量」に関しては学校、庁舎にのみ反映される。

第2章 青森県内地域の気象

2.1 気象条件の検討

本調査では施設計画への反映すべき事項を考慮しながら、次のような気象条件について、調査を実施した。

< 年間の月別平均温度・湿度 >

所在地の気温・湿度は、適切な断熱の仕様、換気・通風の仕方、効果的な空調計画を検討する基本条件となる。

< 日照時間 >

日照時間が多い地域では、積極的な太陽エネルギーの利用を図るため、パッシブソーラーにつながる間取りや、自然採光、太陽光発電システムや太陽熱給湯システムの導入について検討の可能性がある。

< 降水量 >

降水量が多い地域では、これを積極的に利用できるように雨水貯留タンクを導入したり、降雨による下水道への影響を軽減するために浸透性舗装や浸透枘の採用が検討できる。一方、降水量の少ない地域では、節水機器の積極採用や、中水システムの導入を検討する。また、雨による建物の劣化等を回避するよう維持管理のしやすい計画についても検討の対象となる。

< 卓越風向 >

自然な通風に有利な建物配置や間取りの計画に有用なデータとなる。

< 平均風速 >

平均風速が大きい地域では、風力発電機の設置が検討の対象となりうる。

表 2.1 主な気象条件と計画への反映

主な気象条件	計画への反映	
年間の月別平均温度・湿度 デGREEデー	建築計画	・建物向きと形状（日照と換気の確保） ・間取り（風の道） ・外皮計画
	設備計画	・省エネルギー（空調計画）
日照時間	建築計画	・建物向きと形状（日照の確保） ・間取り（サンルーム）
	設備計画	・自然エネルギー（太陽光発電）
降水量（積雪量）	建築計画	・建物向きと形状（積雪への対応）
	設備計画	・雨水利用計画
	外構計画	・透水性舗装
卓越風向	配置計画	・快適・省エネにつながる配置計画
	建築計画	・建物向きと形状（換気の確保） ・間取り（風の道）
平均風速	設備計画	・自然エネルギー（風力発電）

2.2 地域区分の把握

県内においても地理的条件などにより、地域の気候特性が異なるため、計画地の気象条件に適した建物の計画を行うには、それぞれの特性を考慮することが重要となる。気象条件を基にした、各種の地域区分を解説し、青森県地域の分布を示す。

(1) 非住宅の地域区分

住宅以外の用途の建築物（省エネルギー法による用途区分）において適用される地域区分は、A～Lの12に区分され、次のように特定される。

- 1) 建設地が所在する県や市町村などから、建設地が属する地域を、地域区分図と地域区分表から選定する。
- 2) 次に、1)で選定した地域と建設地の標高から、標高による地域修正表により最終的な適用地域を選定する。なお、「改訂拡張デグリーデー表」に併せて掲載されている「日除け効果係数チャート」については、地域修正を行わず、1)で選定された地域をそのまま適用地域とする。これにより、青森県はC地域に区分され、県内の各地点は標高により以下のように区分される。

建設地の標高	300m未満	600m未満	900m未満	1200m未満	1200m以上
地域区分	C	B	A	A	A



図 2.1 青森県内の主な気象観測点と地域区分（非住宅区分）

住宅の地域区分

< 暖冷房負荷地域 >

期間暖房負荷と相関の高い暖房度日（暖房デグリーデー）を指標とし、全国を7地域（暖房度日4,500度日以上～の地域+～地域）に区分し、各地域に当てはめたもの。省エネルギー法では外壁仕様や気密性などの建物の暖冷房に関わる指標をこの地域区分に応じて「建築主の判断基準」として設定している。

< パッシブ地域 >

日射量と気象から地域の気候特性を表した指標はパッシブ地域係数と呼ばれ、このパッシブ地域係数を5段階（い～ほ）に区分し、各地域に当てはめたもの。

2.3 青森県気象データ集

気象条件の検討にあたって必要なデータとして、青森県全域の主要な気象観測地点における気象条件を整理したものを作成し、「青森県内地域別気象データ集」(参考資料編 - 参考資料1)として整理した。

<出典気象データ>

- ・拡張アメダス気象データ

各地点のデータシートに示される項目のうち降雪日を除き、標準年気象データ(1981年~1995年)を使用した。

- ・気象庁観測平年値(降雪日)

降雪日については、気象庁による観測地点のデータを用いた。

<収録地点>

拡張アメダス気象データの観測点となっている、青森県内22地点を収録した。

表 2.2 青森県内の気象観測点

観測地点	非住宅 地域	暖冷房 負荷地域	パッシブ 地域	観測地点	非住宅 地域	暖冷房 負荷地域	パッシブ 地域
酸ヶ湯	A	I	い	脇野沢	C	II	い
休屋	B	I	い	市浦	C	II	い
小田野沢	C	II	ろ	蟹田	C	II	い
六ヶ所	C	II	ろ	五所川原	C	II	い
三沢	C	II	ろ	野辺地	C	II	い
十和田	C	II	ろ	鱒ヶ沢	C	II	い
八戸	C	II	ろ	弘前	C	II	い
三戸	C	II	ろ	黒石	C	II	い
大間	C	II	い	碓ヶ関	C	II	い
むつ	C	II	い	青森	C	III	ろ
今別	C	II	い	深浦	C	III	ろ

次項に青森の例を参考として気象データ集に収録されている内容を示す。

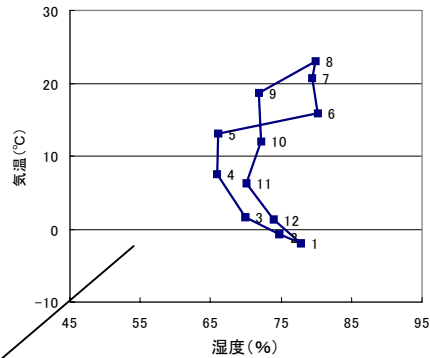
<データシートの見方>

(参考例)

青 森		
地点No. 171	北 緯	40度49分
観 測 地 点	東 経	140度46分
	標 高	3m
非住宅地域区分	C	
住宅地域区分	負荷地域	Ⅲ
	ハットシフ地域	い
年間最高温度	33.7℃	
年間最低温度	-10.5℃	
年間平均温度	10.3℃	
年間降水量	1,172 mm	
太陽光発電量	134,401 Wh/m ² ・年	
風力発電量	21,113 Wh/個・年	

クリモグラフ

※下図の薄灰は青森を示す。

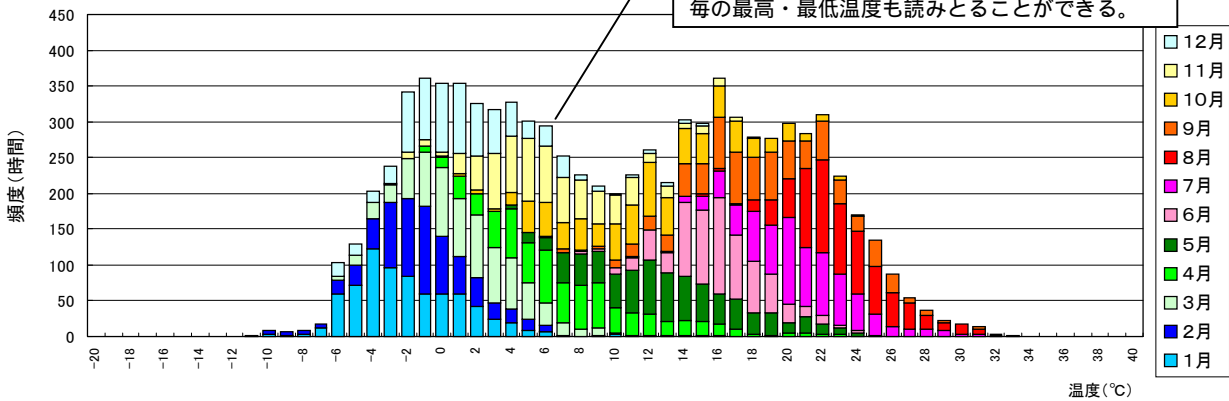


クリモグラフ(青森)

大気温度(縦軸)と湿度(横軸)の組み合わせで、その地域の気候を説明している。右上は高温多湿、左下は低温低湿を意味し、図中の数字は月を示す。他地域との比較のため青森のデータを灰色で示している。

外気温

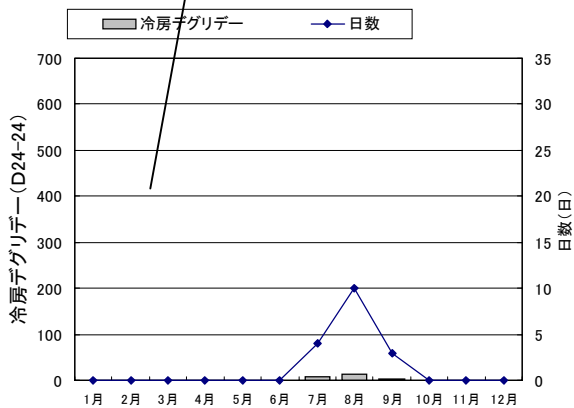
年間(365日×24時間)の頻度分布を示す。月毎に色分けしているので外気温の年間推移や月毎の最高・最低温度も読みとることができる。



外気温頻度分布(青森、年間)

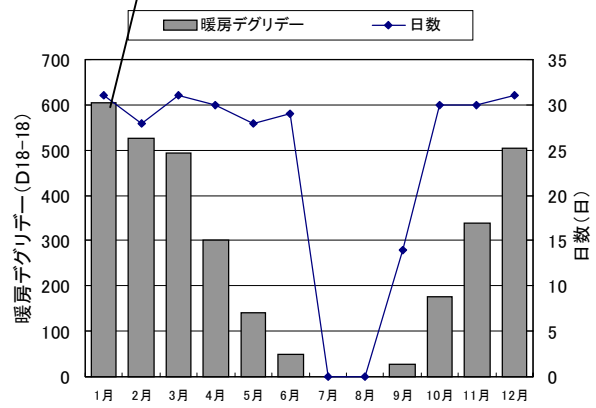
デグリデー

ここでは室温を24と設定し、日平均温度24以上になった日数と、24と日平均外気温の差を月毎に積算した値を示す。これで各月における冷房負荷の目安となる。



月毎の冷房デグリデーと暖房日数(青森)

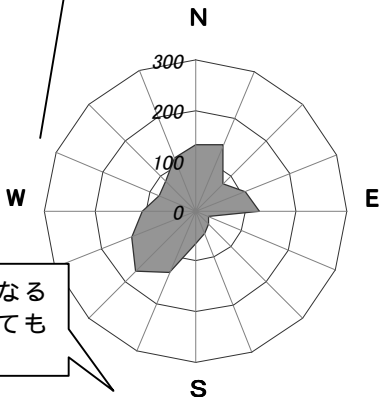
ここでは室温を18と設定し、日平均温度18以下になった日数と、18と日平均外気温の差を月毎に積算した値を示す。これで各月における暖房負荷の目安となる。



月毎の暖房デグリデーと暖房日数(青森)

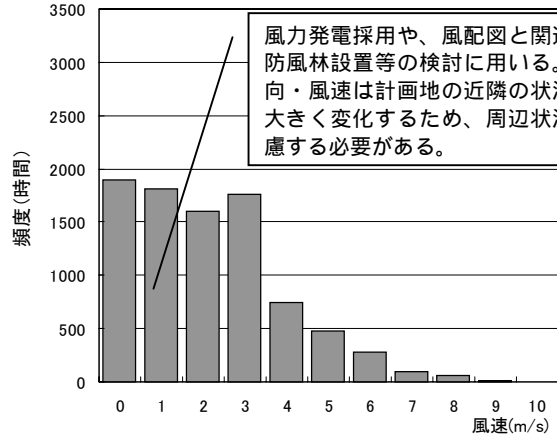
風向・風速

自然換気を想定した条件(外気温 20 以上)の風向を示す。自然換気を効率良く行うための開口位置の検討に用いる。図中の数値は頻度を示し、例えばN方向に 100 の値を示していたら、北風の発生した頻度が 100 時間あることになる。開口の配置検討には、周辺環境もふまえて検討する必要がある。図の下部数値は対象時間として、年間 8760 時間中(24 時間×365 日)の外気温 20 以上の割合を示す。



外気温20℃以上の風配図
(青森 年間) 659 / 8760

外気温が異なる設定においても集計可能

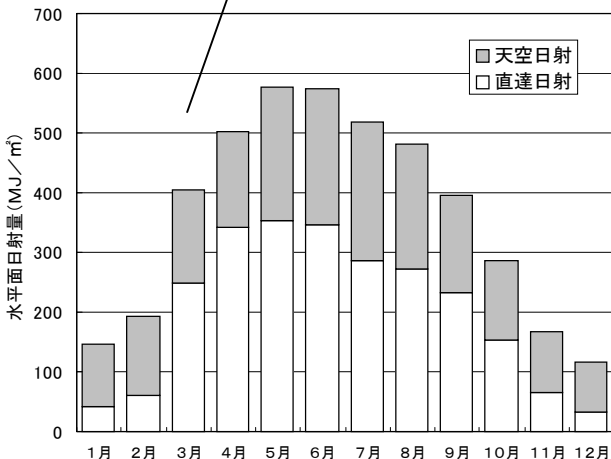


風力発電採用や、風配図と関連させて防風林設置等の検討に用いる。但し風向・風速は計画地の近隣の状況により大きく変化するため、周辺状況にも配慮する必要がある。

風速頻度分布
(青森、年間)

水平面日射量

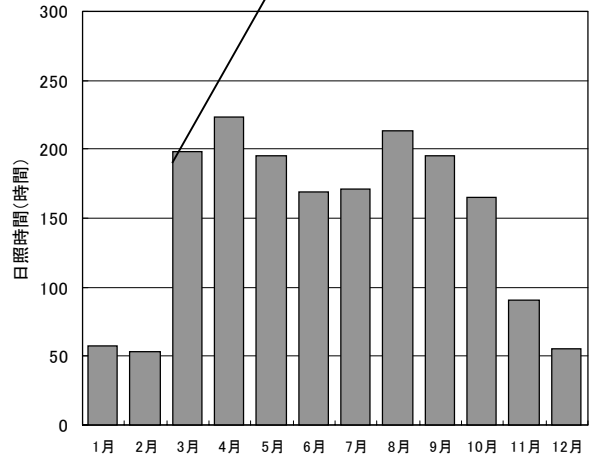
月別水平面日射量を示す。天空日射と直達日射に分けており比較的的天空日射の割合が多い地域は晴天率が低いと考えることもできる。



日射量頻度分布(青森)

日照時間

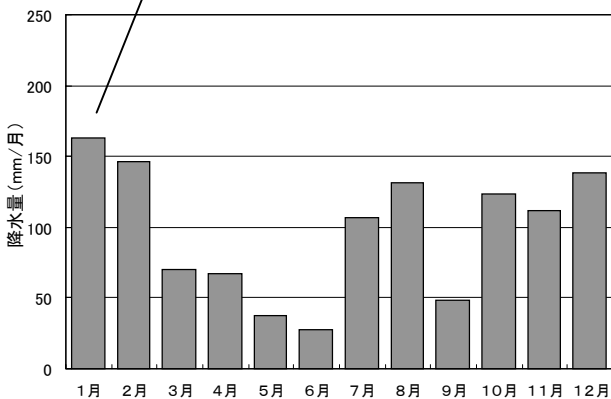
月別日照時間を示す。



日照時間頻度分布(青森)

降水量

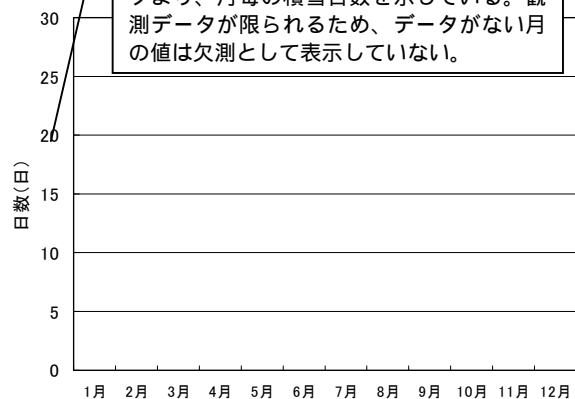
月毎の降水量を示す。



降水量頻度分布(青森)

積雪日

積雪日は拡張アメダス気象データの測定項目ではないので、気象庁観測平年値のデータより、月毎の積雪日数を示している。観測データに限られるため、データがない月の値は欠測として表示していない。



0cm以上積雪日数(青森)

2.4 県内の主な気象観測点における気候特性

以下に主な気象観測点における気候特性を示す。

(1) 水平面全天日射量

図 2.2 に地域別水平面全天日射量の年平均値の比較を示す。太平洋に面した八戸で最も日射量が多くなっている一方、山間部の酸ヶ湯、碓ヶ関で最も少ない。

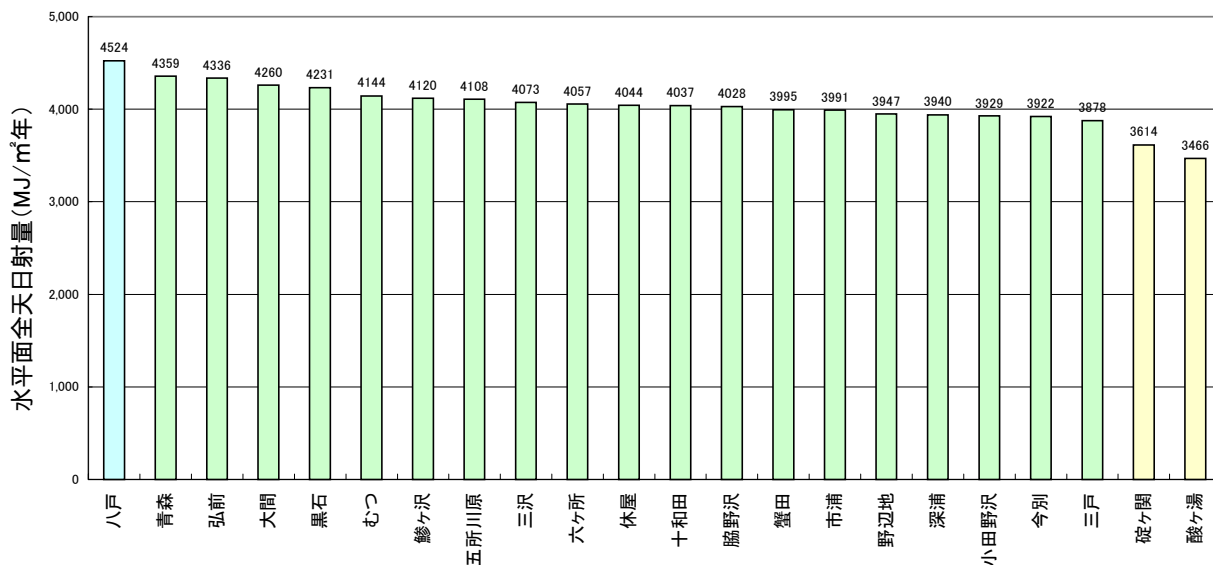


図 2.2 水平面全天日射量

(2) 暖房デグリデー

図 2.3 に地域別暖房デグリデーの比較を示す。標高が高く日射量も少ない酸ヶ湯、休屋で暖房デグリデーが高く、暖房対策が特に重要な地域であることが示される。

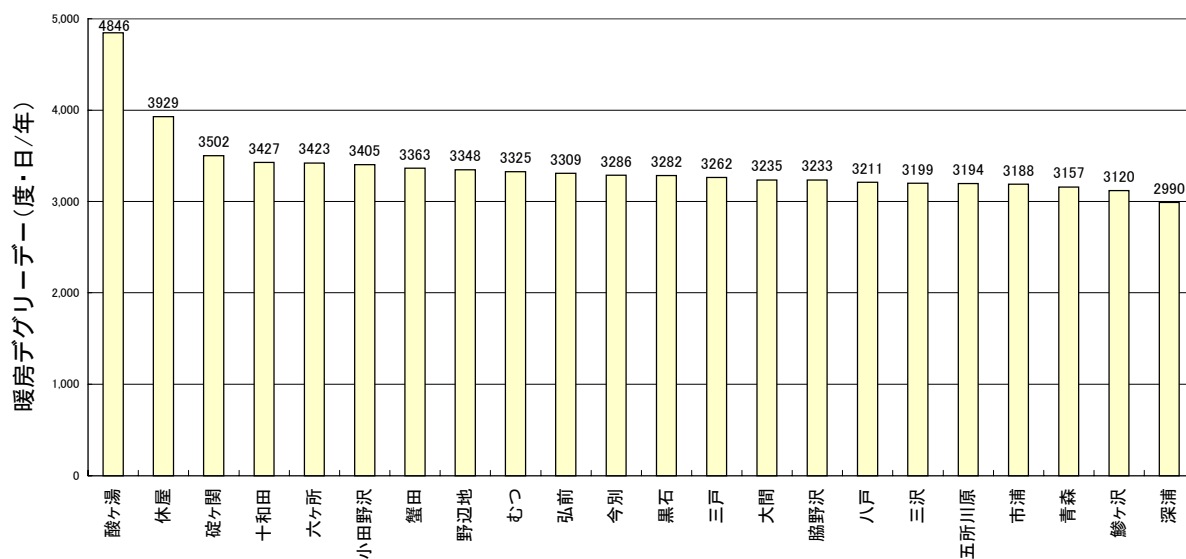


図 2.3 暖房デグリデー

(3) 降水量と積雪日数

図 2.4 に地域別年間降水量の比較を、図 2.5 に積雪日数の比較を示す。日本海側の深浦や山間部の酸ヶ湯、碓ヶ関、休屋で降水量が多く、太平洋側の三沢や十和田、八戸で降水量は比較的少ない傾向が見られた。

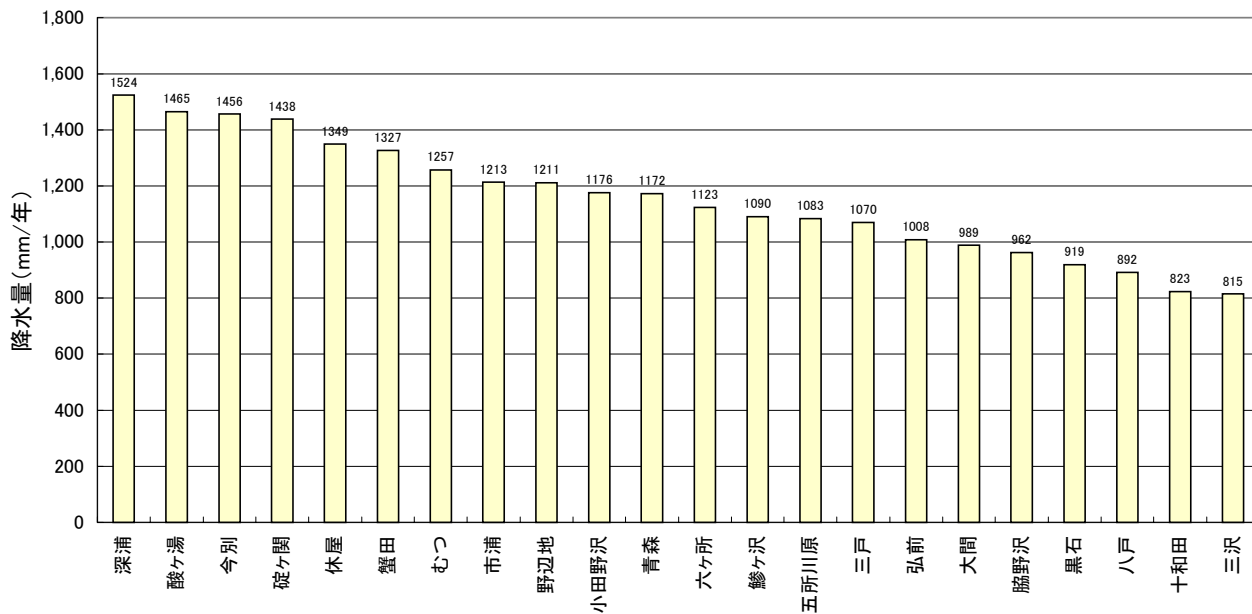


図 2.4 年間降水量

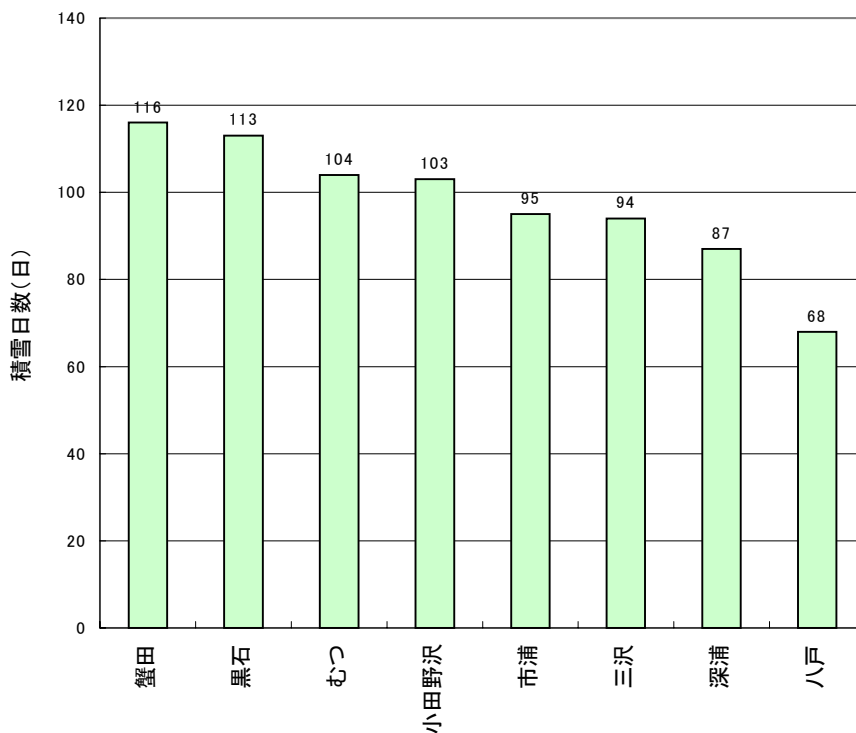


図 2.5 積雪日数 (欠測地点除く)

第3章 学校に関わる事項

3.1 環境負荷低減手法選択シート(学校版)全体構成

新築・改修工事の計画段階で省エネルギー対策を推進する場合、予算確保などの理由により、採用すべき環境負荷低減手法の費用対効果が明示される必要がある。しかし、この段階では建設地、規模などが決まっても、具体的な建物形状、仕様などは決まらないため、従前のエネルギーシミュレーションによる評価を行うことができない。

そこで、学校施設の計画にあたり、具体的にどのような環境負荷低減手法を採用することが最適であるかを簡易に評価できるツールとして「環境負荷低減手法選択シート(学校版)」(以下、「学校版選択シート」という。)をとりまとめた。

(1) 学校版選択シート

「学校版選択シート」は Microsoft Excel をベースに作成されている。「学校版選択シート」では教室モデルを用いた普通教室1室の評価と、校舎モデル・体育館モデルを用いた学校モデルの評価が行える。「学校版選択シート」の構成と、各モデルの入力項目、出力項目を図3.1に示す。

(教室モデル)

教室モデルは、学校において最も標準的な空間である普通教室における環境負荷低減手法の効果を感度解析的に評価することを目的としている。環境負荷低減手法の適用による1教室単独の空調熱負荷の削減効果、1次エネルギー消費量の削減効果を直接的に評価する。

(学校モデル)

学校モデルは、普通教室、特別教室、事務・管理部や共用部などから成る校舎部分(校舎モデル)と、体育館部分(体育館モデル)から構成され、空間用途毎に環境負荷低減手法の選択を行うことができる。この選択に応じて学校モデルのエネルギー消費量低減効果を予測し、ライフサイクルコスト(LCC)、ライフサイクルCO₂(LCCO₂)、費用対効果を評価する。

「学校版選択シート」の入力項目に関しては、本編「3.2.1 入力シート」で説明している。また、本編「3.2.2 出力シート」にて算出される指標とその算出方法について説明する。選択シートの具体的な利用方法は、「参考資料3 - 環境負荷低減手法選択シート(学校版)」で、「学校版選択シート」内にコメントを付すことで解説する。

(2) 複数の評価結果の比較

本ツールは全部で3つのファイルから構成されている。ファイル構成は図3.2の通りで、二つの「選択シート S_Case 1.xls」、「選択シート S_Case 2.xls」で異なる計画を試行し、それらの差異を「比較 S.xls」に抽出することで、両計画の指標の定量的な差異や費用対効果を分析することができる。

- (1) 選択シート S_Case 1.xls (最も基本となるシート、単体でも評価ツールになる)
- (2) 選択シート S_Case 2.xls ((1)と同じ内容。Case1と異なる計画を同時に評価する)
- (3) 比較 S.xls ((1)と(2)の違いを抽出・分析する)

また、この3つのファイルは入出力が相互にリンクしているため、利用する際は同一フォルダー内に格納されている必要がある。ツール内のリンクは相対パス(位置関係)なので、同一フォルダー内であれば、ハードディスク上のどこに格納しても構わない。

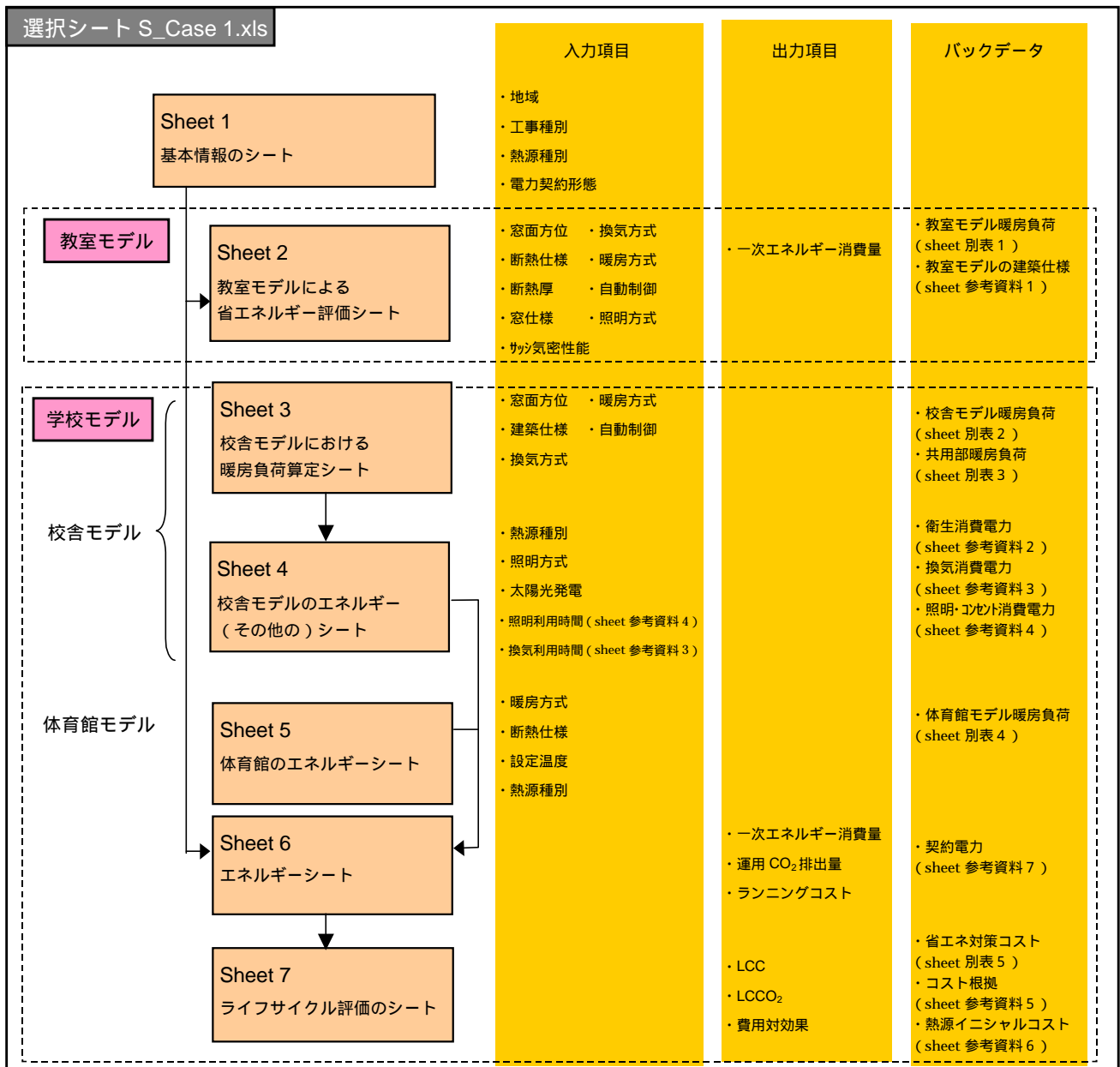


図 3.1 環境負荷低減手法選択シート（学校版）の構成

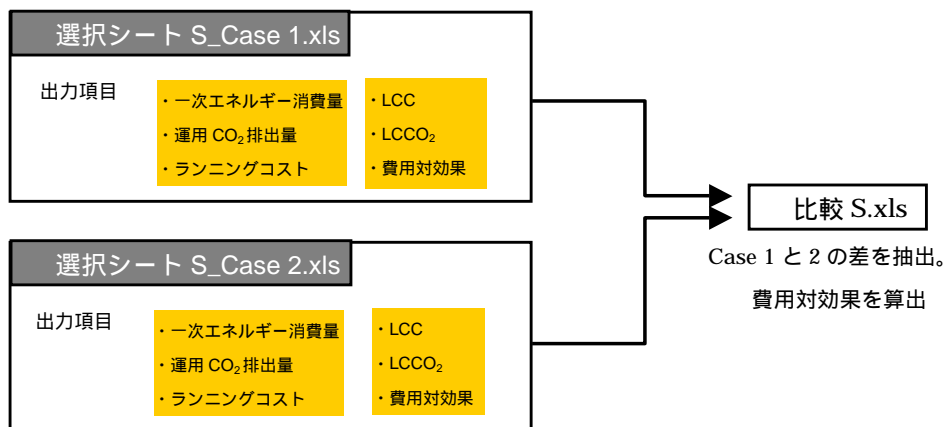


図 3.2 環境負荷低減手法選択シート（学校版）のファイル構成

3.2 選択シートの構成

3.2.1 入力シート

(1) 基本情報シート (sheet 1)

建設地、当該建物で使用されるエネルギー（燃料）の種類を選択し、一次エネルギー消費量の原単位と、CO₂排出量の原単位を決定する。それぞれの原単位は随時変更されるものであるため、利用者が原単位を実勢に即して変更することができる。

1) 地域

学校版選択シートでは表3.1に示した4地域のシミュレーション結果をデータとして保有している。計画地域と近い、もしくは気候が類似している地域をここでは選択する。

表 3.1 教室モデルにおける省エネ対策要素

選択項目	選択肢	備考
地 域	青森	計画地域が青森もしくは青森近隣の場合に選択
	弘前	計画地域が弘前もしくは青森県西部の場合に選択
	八戸	計画地域が八戸もしくは太平洋側地域の場合に選択
	むつ	計画地域がむつもしくは下北半島の場合に選択

2) 年間利用日数

学校施設の年間使用日数を書き込む。初期設定では夏休みなどを勘案した上で「240日」としている。この数値は年間の照明電力量、換気電力量、上水使用量などを計算する際に反映される。

3) 工事種別

学校版選択シートの対象となる計画が「新築工事」なのか「改修工事」なのかを選択する。基本的にエネルギーや燃料を取り扱う部分では、新築工事、改修工事の別はない。但し、コストを扱う場合には、改修工事ならば解体・撤去費用も勘案するなどの差異が生じる。ライフサイクル評価を行う場合には、評価時点からの残存寿命が新築、改修で大きく異なる。基本情報のシートで、「新築」・「改修」を選択することにより、本シートの以降の計算は全て工事種別を考慮した計算となる。

表 3.2 工事種別の選択肢

選択項目	選択肢	備考
工事種別	新築	評価対象の計画が新築工事である場合に選択する。
	改修	評価対象の計画が改修工事である場合に選択する。

4) 燃料種別 (ガス会社)

ガスを利用する場合は、計画地域にガスを供給しているガス会社を選択する。本選択シートでは青森県内に都市ガスを供給している主要なガス会社として、表 3.3 に示した 5 つのガス会社のデータを組み込んでいるが、青森県のガス会社は供給エリアが狭く、発熱量が高いガス (13A、12A など) を供給している会社は少ない。一次エネルギー消費量の原単位は 5 つの会社で同じ値を用いているが、料金は各会社の時価を反映する。

表 3.3 ガス会社の選択肢

選択項目	選択肢	備考
燃料種別 (ガス会社)	青森ガス	4C、青森市内の一部地域に供給
	弘前ガス	6C、弘前市内の一部地域に供給
	八戸ガス	L3、八戸市内の一部地域に供給
	十和田ガス	6A、十和田地域の一部に供給
	五所川原ガス	13A、五所川原市内の一部に供給

5) 電力契約形態

計画建物での電力契約形態を選択する。ここでは東北電力株式会社を想定し契約形態の種類を選定している。学校の電力利用計画を勘案した上で最適な契約形態を選択する。

表 3.4 電力契約形態の選択肢

選択項目	選択肢	備考
電力契約形態	業務用一般	高圧で電気の供給を受けて、電灯もしくは小型機器を使用する一般的な契約形態。
	業務用	一般型よりも基本料金が高く、従量料金が安い契約形態。契約には一定の条件がある。

(2) 教室モデルによる省エネルギー評価シート (sheet 2)

「教室モデルによる省エネルギー評価シート」内では以下の 1~9 の要素技術を選択することができる。この選択を行うことにより標準モデルからのエネルギー低減率が自動的に算出される。標準モデルは表 3.5 の各項目の先頭の選択枝の組み合わせとする。図 3.3 に教室モデルにおける省エネルギー評価シートのフローを示す。

表 3.5 教室モデルにおける省エネ対策要素の選択枝

要素			選択枝	評価指標
建物位置	1	窓面方位	東、西、南、北	教室モデルの ・暖房負荷 ・一次エネルギー消費量
建物仕様	2	断熱仕様	内断熱、外断熱	
	3	断熱厚	30mm、50mm、80mm	
	4	窓仕様 ¹	単層透明、複層透明、複層 Low-e	
	5	サッシ気密性能	気密パッキン無し、気密パッキン、気密機構付き(AT)	
空調運用方法	6	換気方式	第3種機械換気、全熱交換器経由、外調機経由	
	7	自動制御	無し、有り	
	8	エネルギー種別	ガス、灯油、A重油	
その他	9	照明方式	一般型蛍光灯、Hf型蛍光灯、光センサー(初期照度補正+昼光利用制御)	

1 単層透明ガラス:6mm、複層透明ガラスは70-トガラス:3+6+3mm、複層 Low-e ガラス: 6+12+6mm

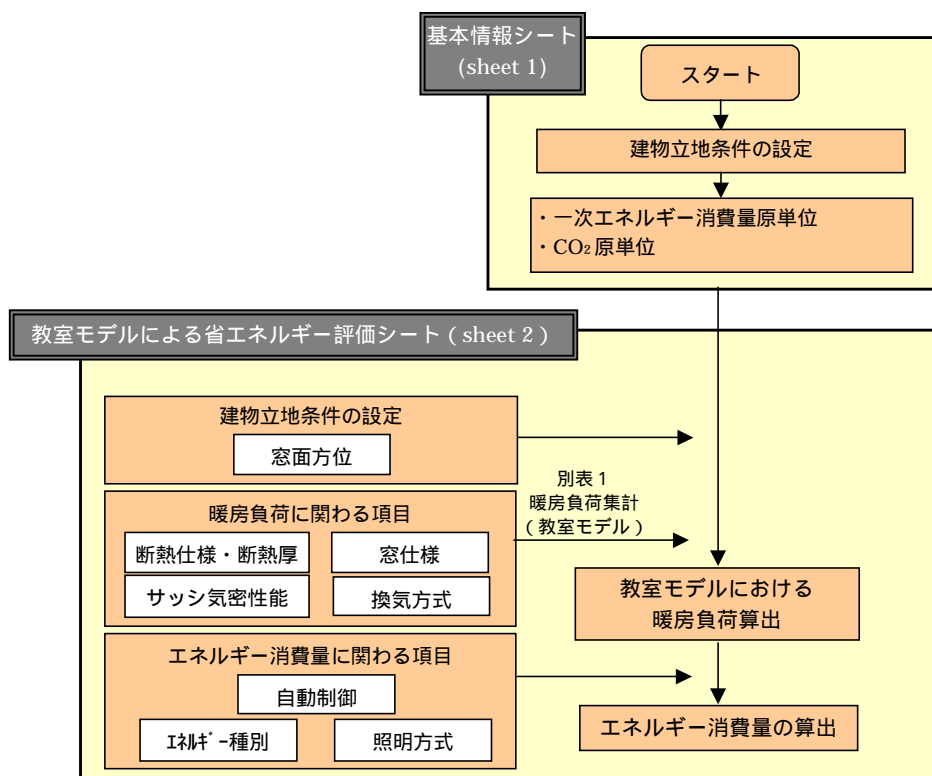


図 3.3 教室モデルにおける省エネルギー評価シートのフロー

3) エネルギー消費量算出に関わる項目

暖房方式

冷房設備を有さない学校の暖房方式としてはファンコンベクターの採用が一般的である。一部に温水式のパネルヒーターが採用される場合もあるが、消費されるエネルギーは概ねファンコンベクターを用いた場合と同じとなるため、本検討における暖房機器はファンコンベクターを用いることと設定する。

自動制御

自動制御の有無を比較すると、自動制御が無い場合の暖房年間負荷は、室内環境を適正に制御する場合の年間暖房負荷に比べて 1.5 倍程度の値となる。ここで言う自動制御はファンコンベクターの風量制御を指している。

表 3.9 自動制御の選択肢

選択項目	選択肢	備考
自動制御	無し	-
	有り	温度センサーによるファンコンベクターの風量制御

エネルギー種別

教室モデルの暖房に用いるエネルギーを計画に合わせて選択する。使用するエネルギー（ガス、灯油、A 重油）の種類に応じて、運用 CO₂ 排出量、ランニングコストが変化する。各燃料の CO₂ 排出量原単位と料金は、基本情報シート（sheet1）を参照する。

表 3.10 熱源方式の選択肢

選択項目	選択肢	備考
熱源方式	ガス	ファンコンベクターの熱源をガスとする場合に選択。
	灯油	ファンコンベクターの熱源を灯油とする場合に選択。
	A 重油	ファンコンベクターの熱源を A 重油とする場合に選択。

照明・コンセントに使用されるエネルギー消費量

照明エネルギー消費量算出は「sheet 参考資料 4」で CEC /L 計算による年間利用日数（1.基本情報シートで記入）を参考に算出している。利用スケジュールは、9～18 時としているが、「sheet 参考資料 4」内で変更することが可能である。

コンセントによる電力消費量に関しては、使用日数と想定負荷より固定的に算出している。負荷スケジュールに関しては、照明スケジュールと同様に「sheet 参考資料 4」内で変更することが可能である。

表 3.11 照明方式の選択肢

選択項目	選択肢	備考
照明方式	一般型蛍光灯	一般的な蛍光灯を使用する場合に選択する。
	Hf 型蛍光灯	高周波数で発光する蛍光灯。通常の運用で 15%程度の省エネが見込める。インバーターにより出力調整ができるため、光センサーと組み合わせると様々な用途に利用される。
	光センサーによる初期照度補正	Hf 型蛍光灯を光センサーで照度補正することによる初期照度補正。30%程度の省エネが見込める。
	光センサーによる初期照度補正及び昼光利用制御	光センサーによる初期照度補正及び昼光利用制御システムの導入。窓面方位により効果は変化するが南向きの場合において 40%程度の省エネが見込める。

CEC : Coefficient Energy Consumption : エネルギー消費係数 (参考 : 建築物の省エネルギー基準と計算手引 (H14)IBEC 編)

(3) 校舎モデルにおける暖房負荷算定シート、校舎モデルのエネルギーシート (sheet 3, 4)

校舎モデルにおける暖房負荷、エネルギー消費量の算出は学校版選択シートの sheet3, 4 で行う。校舎モデルは、普通教室、特別教室、事務・管理部、共用部の 4 部門で構成され、そのそれぞれに対して省エネ技術要素を別途に選択することができる。これにより、普通教室のみ、事務・管理部門のみなどの部分改修のような計画を評価することができる。また、共用部に関しては空調設備の有無自体を選択することができる。図 3.5 に算出のフローを示す。

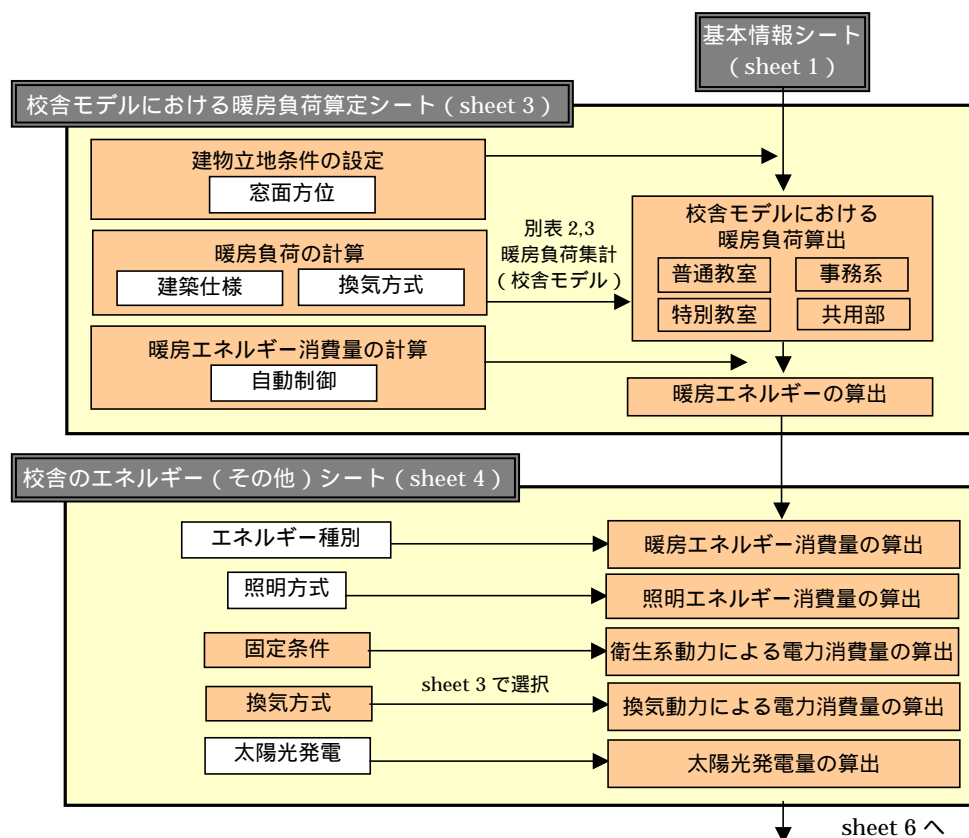


図 3.5 校舎モデルにおけるエネルギー消費量の評価フロー

1) 普通教室、特別教室、事務・管理部

校舎モデルでは表 3.12 の 7 つの技術要素を選択することができる。建築仕様、換気方式に関してはそれぞれ対象空間毎に選択が可能であり、様々な組み合わせでの評価が可能である。各要素技術の解説は前節の教室モデルに準ずるが、建築仕様に関しては断熱仕様、窓仕様、サッシ気密性能をグレード毎の組み合わせとして設定している（表 3.13）。

表 3.12 校舎モデルにおける省エネ対策要素

項目	技術要素		選択肢	評価指標
建物位置	1	窓面方位	東、西、南、北	校舎全体の 熱負荷 エネルギー消費量 運用 CO ₂ 排出量 IC、ICO ₂ LCC、LCCO ₂ 費用対効果
負荷算定項目	2	建築仕様	Type X, A ~ E	
	3	換気方式	第 3 種機械換気、全熱交換器経由、外調機経由	
空調 エネルギー 算定項目	4	自動制御	有り、無し	
	5	燃料種別	ガス、灯油、A 重油	
電力消費量 算定項目	6	照明方式	一般型蛍光灯、Hf 型蛍光灯、 光センサー（初期照度補正及び昼光利用制御）	
	7	太陽光発電	発電規模（10,20,50,100kW）、蓄電池の有無	

負荷算定項目の「建築仕様」、「換気方式」、「自動制御」に関しては普通教室、特別教室、事務・管理部門各々に対して技術を選択することが出来る。

教室モデルと内容が同じ項目の詳細説明は省略する。

表 3.13 校舎モデル評価シートにおける建築仕様

Type	環境負荷低減 技術施行箇所	断熱仕様			窓仕様		サッシ気密性能	
		外壁断熱位置	厚（外壁）	厚（屋根）	窓材	厚さ	仕様	等級
X	1980 年水準	内断熱	25mm	40mm	単層透明	6mm	気密パッキン 無し	
A	1990 年水準		30mm	50mm				
B	2000 年水準		50mm	75mm	複層透明	3+6+3mm	気密パッキン	
C	窓+断熱厚							
D	窓+断熱仕様	外断熱	80mm	100mm	複層 Low-e	6+12+6mm	気密機構付	
E	総対策							

Type X の断熱材はポリスチレン発泡板相当、Type A ~ E における断熱材は硬質ウレタンフォーム相当を想定している。

表 3.12 の項目を入力することで、暖房負荷、暖房エネルギーが算出される。照明エネルギー消費量、その他衛生系の給水ポンプ、換気ファン動力などの電力消費量は年間使用日数により決定される（学校版選択シート内「sheet 参考資料 2,3,4」）。照明エネルギー消費量は、照明方式を選択することにより、低減を図ることができる。

また、学校版選択シートでは太陽光発電設備を導入した場合の発電量を算出することができる。太陽光発電により発電された電気は学校全体の電力消費量から差し引かれる。太陽光発電設備の選択内容に関して、表 3.14、表 3.15 に解説する。

表 3.14 太陽光発電設備規模の選択肢

選択項目	選択肢	備考	
太陽光発電	無し		
	有り	定格 10kW	太陽光発電パネル設置面積 90 m ² 程度
		定格 20kW	太陽光発電パネル設置面積 180 m ² 程度
		定格 50kW	太陽光発電パネル設置面積 450 m ² 程度
		定格 100kW	太陽光発電パネル設置面積 900 m ² 程度

表 3.15 太陽光発電設備併設の蓄電池規模の選択肢

選択項目	選択肢	備考	
蓄電池	無し		
	有り	蓄電池 0H	太陽光発電の設置のみ。
		蓄電池 1H	災害時の避難時間を賄える 1 時間分の蓄電池。
		蓄電池 8H	防災拠点として通電復帰までを想定した 8 時間分の蓄電池。

2) 共用部 (廊下、昇降口、多目的ホール)

既存の青森県有の学校施設においては、共用部が空調されていない場合が多い。そこで、共用部として廊下、昇降口、多目的ホールを想定し、表 3.16 に示すように各々の空間で別途に空調の有無を選択できるようにシートを構成している。共用部の建築仕様に関しては、空調を行うこと自体が比較的高いグレードであるため、建築仕様としては表 3.13 の Type C で条件を固定している。逆に居室部分 (教室、事務部) で更なる高断熱化が推進された場合に関しても、半屋外的である共用部の建築仕様は TypeC に留めると設定する。「空調有り」を選んだ場合には、普通教室、特別教室などと同様に、換気方式、暖房方式、自動制御の有無などを表 3.12 の通りに選択し、それに応じたエネルギー消費量が学校モデル全体のエネルギー消費量に反映される。

表 3.16 共用部の設定範囲

場 所	選 択 肢
廊下 ¹	空調有り (18 設定) 無し
昇降口 ²	空調有り (15 設定) 無し
多目的ホール ³	空調有り (18 設定) 無し

- 1 廊下の空調設定温度は整備技術概要より 18 とする。
- 2 昇降口はあくまでも緩衝空間と考え、負荷計算の設計条件としては 15 設定程度の想定とする。
- 3 青森西高校を参考としたガラス張り三層吹抜けの多目的ホールを想定している。

(4) 体育館のエネルギー消費量の評価 (sheet 5)

体育館の環境負荷低減手法は、表 3. 17 の技術要素から選択することができる。これらの技術要素は暖房エネルギー消費量算出に関わり、(2)の校舎モデルの場合と同様に、選択した要素組み合わせによる年間暖房負荷をデータベース (sheet 別表 4) から抽出する。

暖房以外のエネルギー消費量に関しては固定条件として扱う。

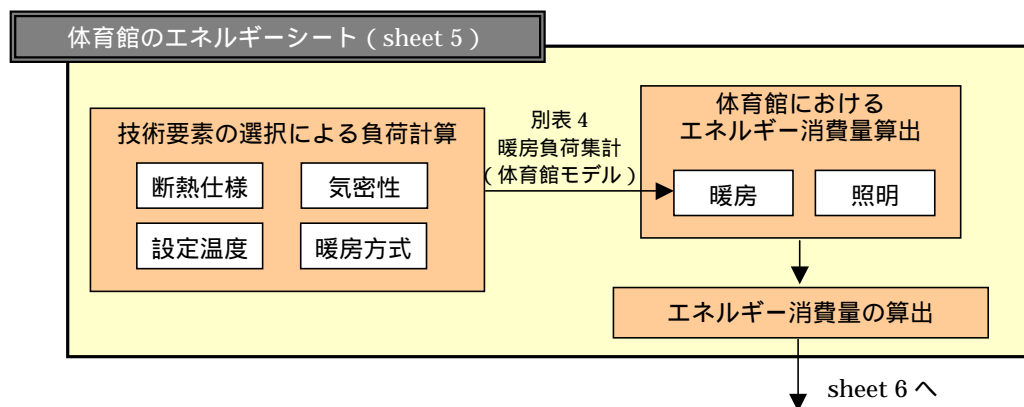


図 3. 6 体育館モデルにおけエネルギー消費量の評価フロー

表 3. 17 体育館モデルで選択できる技術要素

技術要素	選 択 肢
暖房方式	パネルヒーター、パネルヒーター+ジェットヒーター、ジェットヒーター
建築仕様	気密パッキン付+断熱有り、気密パッキン無し+断熱無し
設定温度	15、10

断熱有りの場合、断熱材厚さは 100mm、断熱材はグラスウール (24K) としている。

暖房方式でパネルヒーター+ジェットヒーターを選択した場合は、それぞれのシステムにおいて負荷を半分ずつ処理すると想定している。

3.2.2 出力シート

(1) 校舎モデルのライフサイクル評価 (sheet 6,7)

上述した校舎モデル、体育館モデルのエネルギー消費量計算の結果と、基本情報シート (sheet 1) の各原単位を掛け合わせるにより、電力起源、燃料起源の一次エネルギー消費量、運用 CO₂ 排出量が積算される。また、基本情報シートのエネルギーコストから、契約形態に応じて基本料金や従量料金が積算されランニングコストが算出される。sheet 6 ではその集計過程が主に示される。sheet 6 には入力項目はない。

一次エネルギー消費量 (MJ/年・m²)

運用 CO₂ 排出量 (RCO₂、kg-CO₂/年)

ランニングコスト (RC、千円/年)

3.2.3 様々な計画の比較方法

図 3.2 の通り、本シートは「選択シート S_Case 1.xls」、「選択シート S_Case 2.xls」、「比較 S.xls」の 3 ファイルから構成されている。 と の内容は全く同様であるが、選択する技術要素により最終的な結果は異なる。これらの差異を抽出し、選んだ技術要素の費用対効果を確認、表示するのが「比較 S.xls」である。これらの 3 ファイルは同じフォルダー内で用いる事により、リンクが成立する。 比較 S.xls では と の結果を参照し、以下の値を算出する。

- | | |
|--|---|
| 8.1 延床面積あたりの用途別一次エネルギー消費量の比較 | (MJ/年・m ²) |
| 8.2 延床面積あたりの用途別 CO ₂ 排出量の比較 | (kg-CO ₂ /年・m ²) |
| 8.3 延床面積あたりのランニングコスト (RC) の比較 | (円/年・m ²) |
| 8.4 イニシャルコスト (IC) の比較 | (円/m ²) |
| 8.5 イニシャル CO ₂ (ICO ₂) の比較 | (kg-CO ₂ /m ²) |
| 8.6 ライフサイクルコスト (LCC) の比較 | (千円/年・m ²) |
| 8.7 ライフサイクル CO ₂ (LCCO ₂) の比較 | (kg-CO ₂ /年・m ²) |

また、8.8、8.9 は費用対効果として「投資回収年数」、「CO₂ 回収年数」、「1kg-CO₂/年を削減するのに必要な投資額」を Case 1 Case 2 とした場合の効果として算出している。それぞれの指標値は下式により算出される。

$$(\text{単純投資回収年数}) = (\text{IC の増分}) / (\text{RC の減分})$$

$$(\text{CO}_2 \text{ 回収年数}) = (\text{ICO}_2 \text{ の増分}) / (\text{RCO}_2 \text{ の減分})$$

$$(\text{1kg-CO}_2/\text{年を削減するのに必要な IC}) \\ = (\text{IC の増分}) / (\text{LCCO}_2 \text{ の減分})$$

増分、減分はそれぞれ Case 1 と Case 2 の値の差異で評価される。

実際の施設運用にあたっては、修繕費、改修費、維持管理費などの様々な要素が絡み合い、初期投資がどのような形で回収できたかを厳密に捉えることは難しい。ここでは、「単純投資回収年数」を費用対効果として算出しているが、実際には経年劣化による能力低下、その他の設備機器との取り合いなど様々な要素があることを理解しておく必要がある。

学校版選択シートで算出される指標値は、環境負荷低減手法の効果や、その対策による傾向、またはエネルギー消費量の低減率などを相対的に評価する上で有用な指標である。但し、ここでの試算はあくまでモデルケースでの算定結果をベースにしたものであり、具体的な数字がそのまま有効に利用できるかどうかは個別に十分な検証を必要とする。

但し、これらの指標は汎用性が高いので、環境負荷低減手法の効果の傾向、エネルギー消費量の低減率などを相対的に評価する上で有用な指標である。

3.3 学校施設における環境調和建築設計の検討例

3.3.1 検討方法

本節では学校版選択シートを用いて、具体的な対策例を示す。

第1段階として、第2編の表7及び8で示された各水準の建築仕様・設備仕様の組み合わせを選択する根拠となる様々な組み合わせにおける各指標値の比較・検討を行う。この検討結果より、環境負荷低減効果、コスト効果などのバランスを考えて、第2編における指標の目標値を決定する。

第2段階として、環境負荷低減手法毎の環境負荷低減効果、費用対効果を算出する。結果は後節(3.4節)に譲る。

これらの結果を県有学校面積の増減率、改修工事率などと組み合わせることで、県内の学校施設整備計画における環境負荷低減の波及効果を推し量ることができ、これは「第3編第3章」のマクロ解析結果の定量的な根拠としても用いられる。

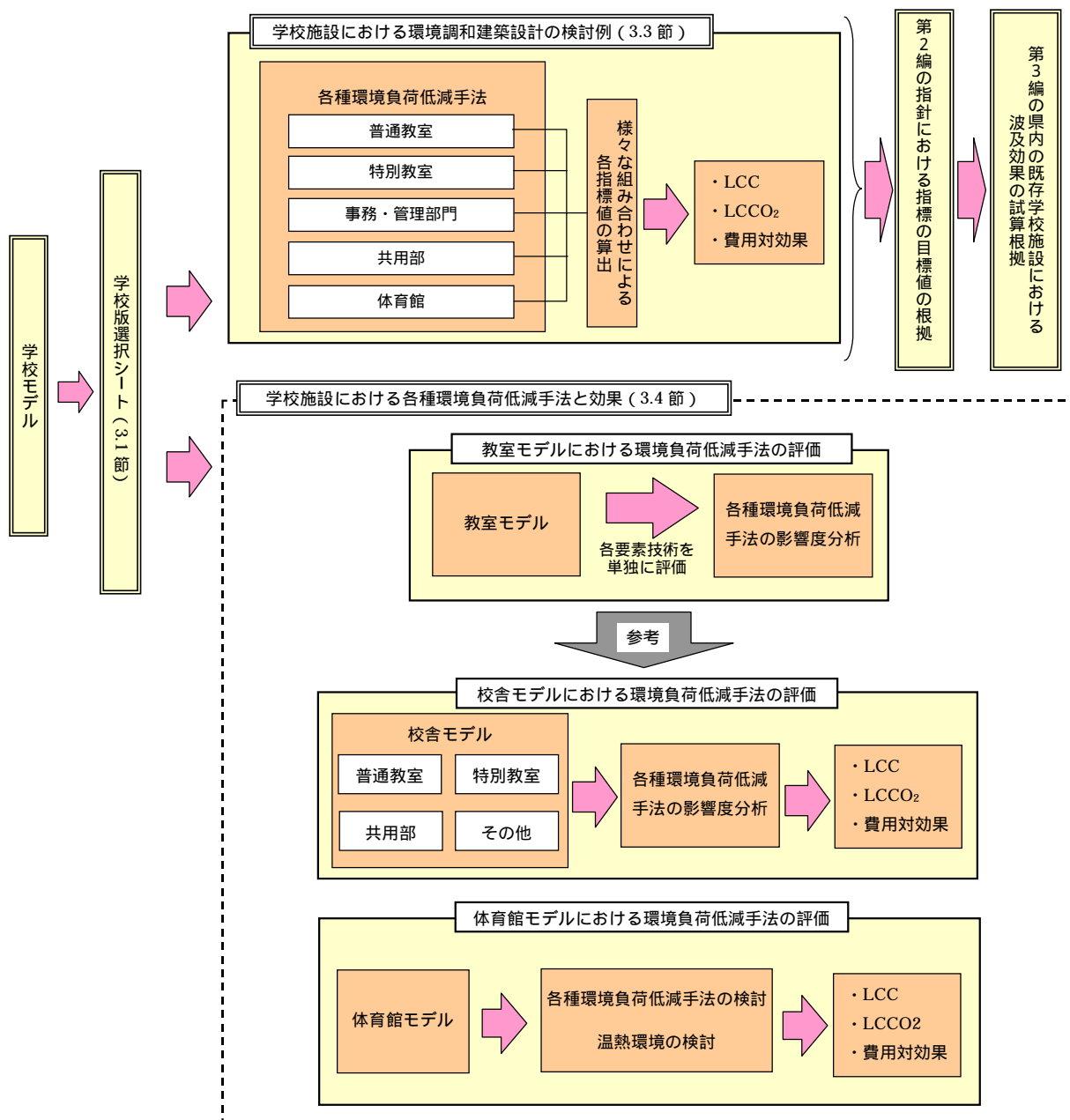


図 3.8 学校施設の環境負荷低減可能性の検討フロー

3.3.2 学校モデルの設定

環境負荷低減手法の評価を行う標準モデル（教室、校舎、体育館）を設定する。

教室モデル

各技術要素による負荷低減の効果を直接的に捉えるためのモジュール空間として普通教室モデルを設定し、このモデルに技術要素を適用することによる負荷低減効果の感度解析を行う。教室モデルの平面、断面プラン、構造材の構成、利用スケジュールなどは青森西高校の普通教室を参考に作成している。また、教室モデルは外部環境に対して偏向を持たぬよう、中間階に位置し、左右を同一の教室に挟まれていると仮定する。図 3.9 に教室モデルの概要を示す。また、教室モデルを構成する構造材断面詳細図を図 3.10 に示す。

建築概要

- ・床面積（延べ床面積） : 64 m²
- ・天井高 : 教室 - 3.0m、廊下 - 2.7m
- ・居住者人数 : 41 人（生徒 40 人、教員 1 人）
- ・必要換気量 : 20m³/h・人（820 m³/h・室）
- ・外壁、床、天井 : RC 壁 150mm + 断熱材（構造体の断面詳細は図 3.3）
- ・内壁 : 教室 - 教室間 ; RC 壁 150mm
: 教室 - 廊下間 ; 合板 2 枚 + 断熱材 50mm
- ・年間使用スケジュール : 年間 226 日（平日:198 日、土曜日:38 日）
1 日 8 時間（9 時～16 時、土曜日は 9～13 時）

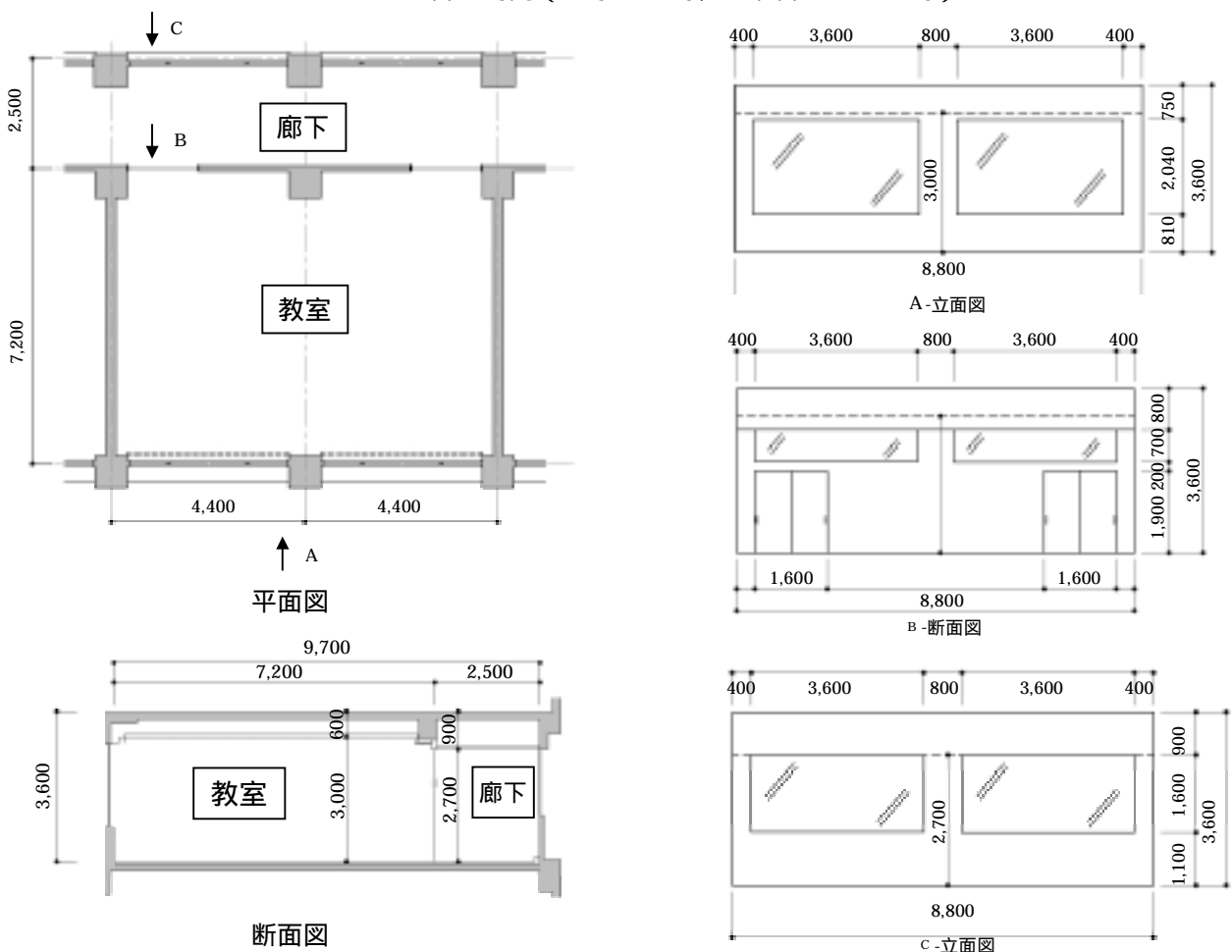
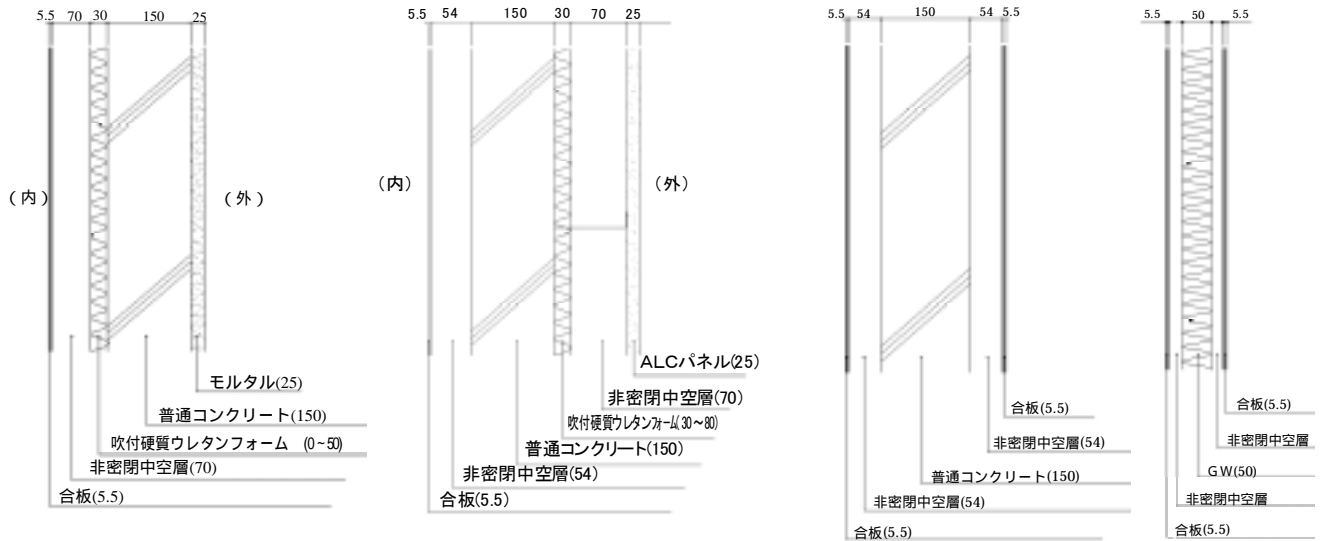


図 3.9 教室モデル概要

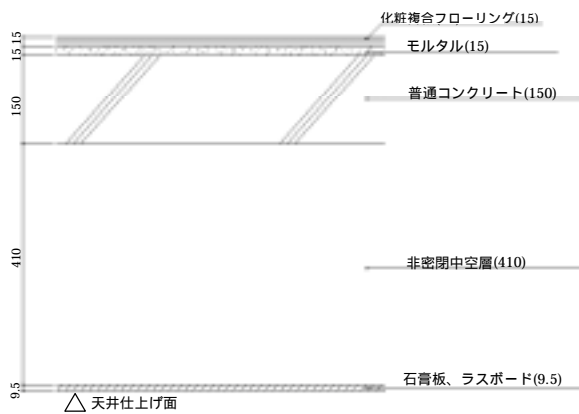


外壁 (内断熱時)

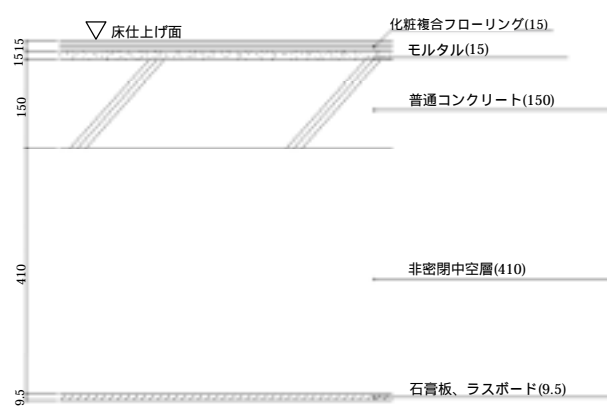
外壁 (外断熱時)

内壁
(教室と教室の間)

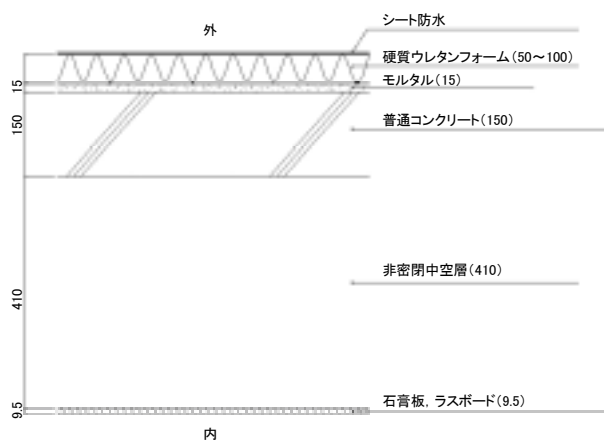
内壁
(教室と廊下の間)



天井



床

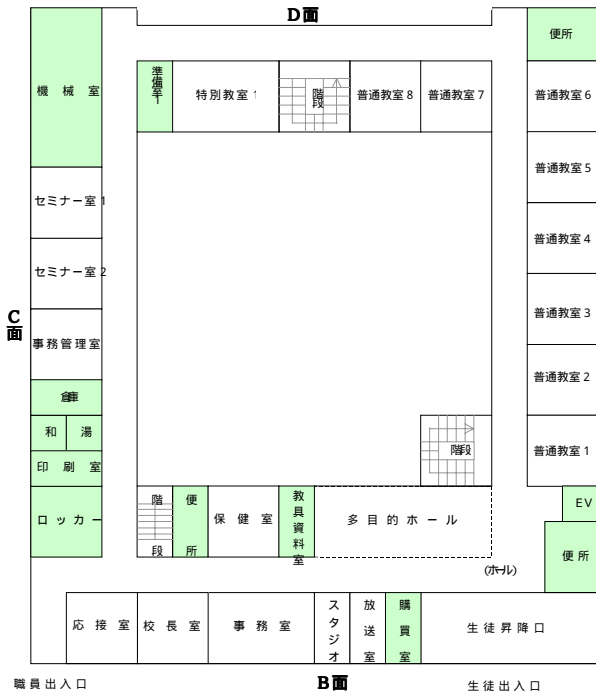


屋根 (校舎モデルに使用)

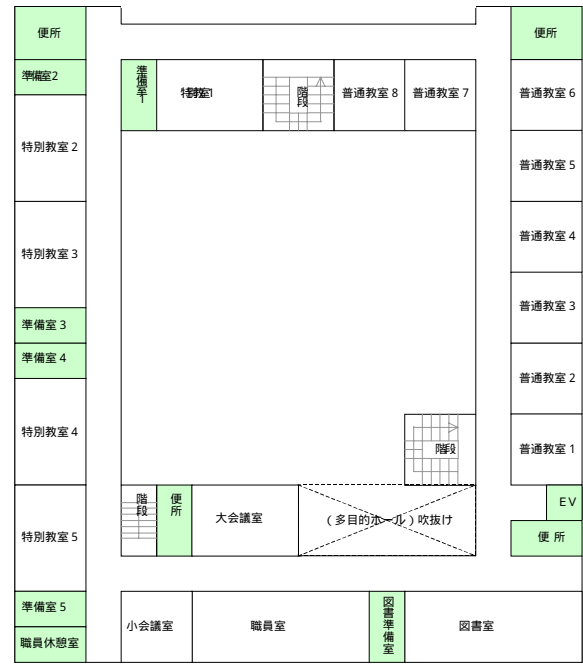
図 3.10 教室モデル (校舎モデル) 構造材の断面詳細図

校舎モデル

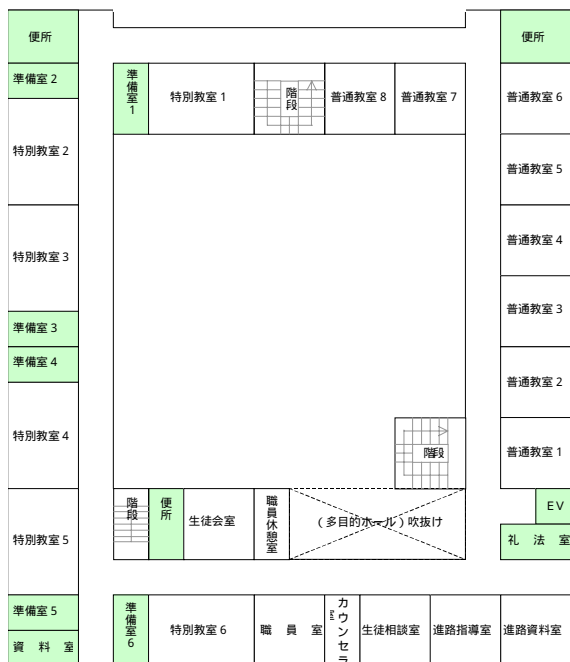
1990年以降に新築された青森県内の高等学校で標準的な平面を有する青森西高校を参考に基準プランを作成した。校舎モデルは青森西高校の片廊下型教室による口の字型校舎プランをベースに、より汎用性のあるプランとする。プラン作成においての留意事項は、特殊要素の除外、普通教室の隅各部への配置の禁止などである。図3.11にモデルの概要を示す。



1階平面図



2階平面図



3階平面図

建築概要

- ・ 延床面積 : 7,630 m² (RC造 - 3階建て)
- ・ 建築面積 : 3,265 m²
- ・ 人員 : 約 1,040 人 (生徒 960 人、教職員 80 人)
生徒数は1クラスを40人とし、教室数から960人としている。対する教職員数は、青森県教育委員会の学校一覧を参考に、同規模校の生徒数対教職員数比の平均値を用いて、生徒数960人に対して本モデルでは80人としている。
- ・ 普通教室が建物隅角部に位置しないようなプランとしている。
- ・ 空調スケジュールは、部門毎(普通教室、特別教室、その他、共用部)でそれぞれ設定している。校舎全体として、人員が常に1,040人になるように室を使用するスケジュールを組んでいる(特別教室を使っているときは、普通教室は空室など)。
- ・ 構造体の断面詳細は教室モデルと同様とする。

凡例 □ : 普通教室 □ : 特別教室 □ : 非空調室 □ : その他教室

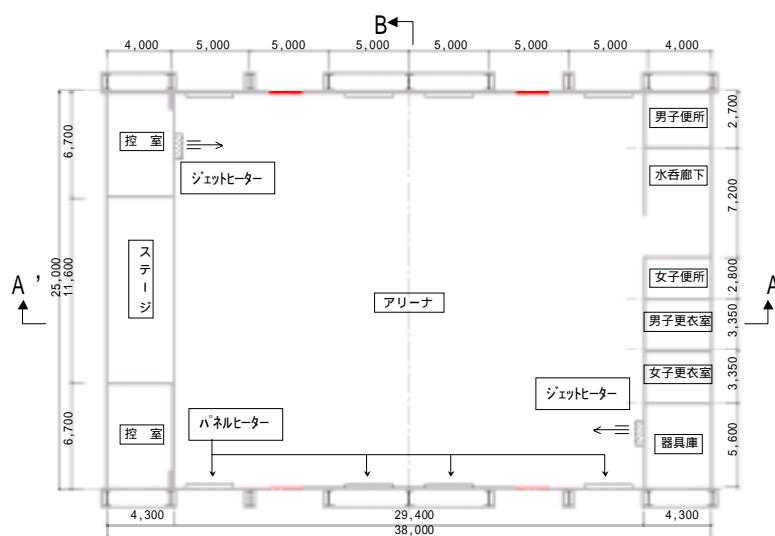
図3.11 校舎モデル平面図

体育館モデル

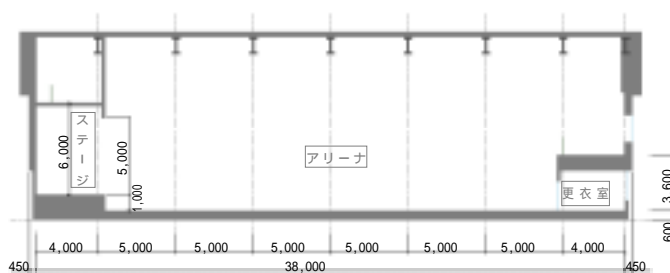
1990 年以降に新築された体育館の中で形状が標準的である尾上総合高等学校の第一体育館を基準プランとした。以下に建築概要とプラン（図 3.12）を示す。

建築概要

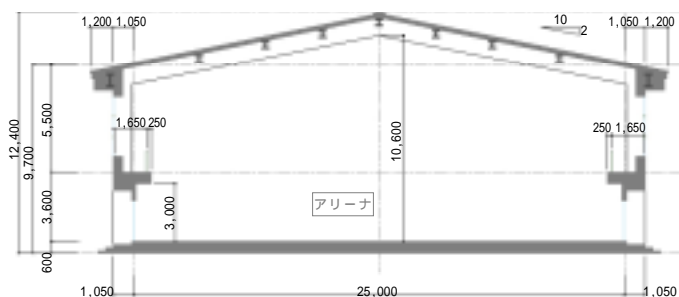
- ・床面積 : 950 m²
- ・屋根 : ガルパ リウム鋼板 (+ アスファルト-フィング) + 木毛セメント板 40mm
- ・外壁 : 押出成型セメント板 20t (+ アスファルト-フィング)
- ・内壁 : 合板 + 空気層 + 合板
- ・床 : 砕石 60mm + 均しコンクリート 50mm (+ ホ リofilm) + RC150mm + 空気層 + 積層フローリング



平面図



A-A' 断面図



B-B' 断面

図 3.12 体育館モデル概要

3.3.3 学校モデルによるライフサイクル効果の検討

学校モデルの環境負荷低減対策として、どのような組み合わせが最適であるかを検討するために、学校版選択シートを用いて新築時及び改修時に関して複数の技術要素の組み合わせケースを試行する。

表 3. 19 にここで検討する技術要素の組み合わせを示す。組み合わせは Comb 1 から数字が上がる毎に対策のグレードが上がるものとし、LCCO₂、LCC、IC 増分、運用 CO₂ 排出量、1 次エネルギー消費量などを比較検討する。

この比較は青森県の県有施設全体の整備計画を行う上で、どの程度の整備水準を実現すれば、どの程度の CO₂ 排出量削減効果が得られ、それを実現するためにはどの程度の費用が発生するのかを算出する根拠となる。また、第 1、2 編で示した指針水準の目標値や要素技術毎の対策レベルを決定するための根拠とした検討である。

表 3. 19 建築仕様・設備概要の組み合わせケース

新築時						
	既存水準 (1990 年相当)	現行水準	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4
断熱仕様	外壁-内断熱 30mm 屋根-外断熱 50mm 単層ガラス、 普通サッシ	外壁-内断熱 30mm 屋根-外断熱 50mm 複層ガラス、 気密パッキサッシ	外壁-内断熱 50mm 屋根-外断熱 75mm 複層ガラス 気密パッキサッシ	外壁-外断熱 50mm、 屋根-外断熱 75mm、 複層ガラス、 気密パッキサッシ	外壁-外断熱 80mm、 屋根-外断熱 100mm 複層 Low-e ガラス、 気密機構サッシ 体育館-隙間風対策	外壁-外断熱 80mm 屋根-外断熱 100mm 複層 Low-e ガラス、 気密機構サッシ 体育館-隙間風対策
外気処理方法 (換気方式)	なし (第 3 種換気方式)	全熱交換器経由 (普通教室のみ)			全熱交換器経由	
照明方式	一般型蛍光灯	Hf 型蛍光灯	Hf 型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御			
空調方式	ファンコイル 制御なし	ファンコイル 風量制御有り				

改修時							
	改修前水準 (1980 年水準相当)	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	
断熱仕様	外壁-内断熱 25mm、 屋根-外断熱 40mm 単層ガラス、 普通サッシ	外壁-内断熱 30mm、 屋根-外断熱 50mm、 複層ガラス、 気密パッキサッシ	外壁-内断熱 50mm、 屋根-外断熱 75mm、 複層ガラス、 気密パッキサッシ	外壁-外断熱 50mm、 屋根-外断熱 75mm、 複層ガラス、 気密パッキサッシ	外壁-外断熱 80mm、 屋根-外断熱 100mm 複層 Low-e ガラス、 気密機構サッシ 体育館-隙間風対策	外壁-外断熱 80mm、 屋根-外断熱 100mm 複層 Low-e ガラス、 気密機構サッシ 体育館-隙間風対策	
外気処理方法 (換気方式)	なし (第 3 種換気方式)	全熱交換器経由 (普通教室のみ)	全熱交換器経由				
照明方式	一般型蛍光灯	Hf 型蛍光灯	Hf 型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御				
空調方式	ファンコイル 制御なし	ファンコイル 風量制御有り					
長寿命化		なし (残寿命 25 年)					あり (残寿命 50 年)

(1) 一次エネルギー消費量

表 3. 19 の組み合わせ毎の一次エネルギー消費量の変化を図 3. 13 に示す。

各組み合わせ毎の低減率を 1990 年水準相当と、現行水準相当をそれぞれ基準とした値で表示している。暖房負荷対策・照明対策により対策のグレードをあげるのに対応して、一次エネルギー消費量は低減する傾向となる。最も環境負荷低減対策のグレードが高い Comb 4 では、1990 年水準相当に対して 50%程度、現行水準に対して 30%強程度の低減が見込める。暖房エネルギーに関しては、1990 年水準に対して 1/4 以下、現行水準に対して 1/2 以下まで低減することが可能となる。

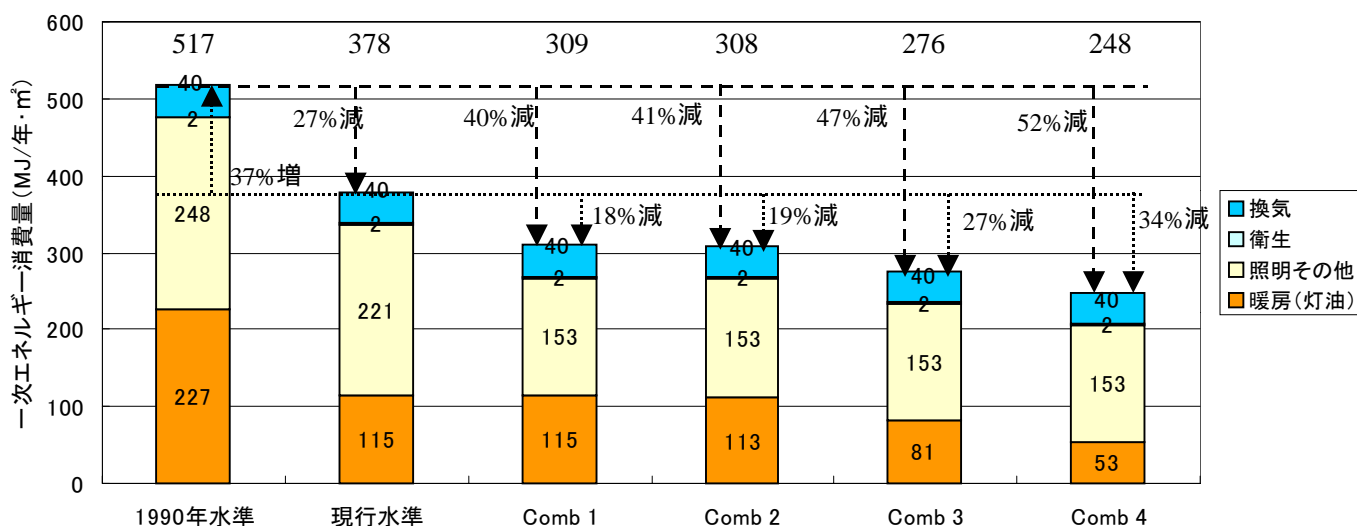


図 3. 13 新築時における各組み合わせの一次エネルギー消費量

改修時は、改修前水準を 1980 年整備水準相当と想定し、この水準を基準に各対策組み合わせの一次エネルギー消費量を比較する。新築時の現行水準と比べて基準とする改修前水準での一次エネルギー消費量が大きいため、低減率は全体的に大きくなるが、Comb 2~5 では大きな差がない。

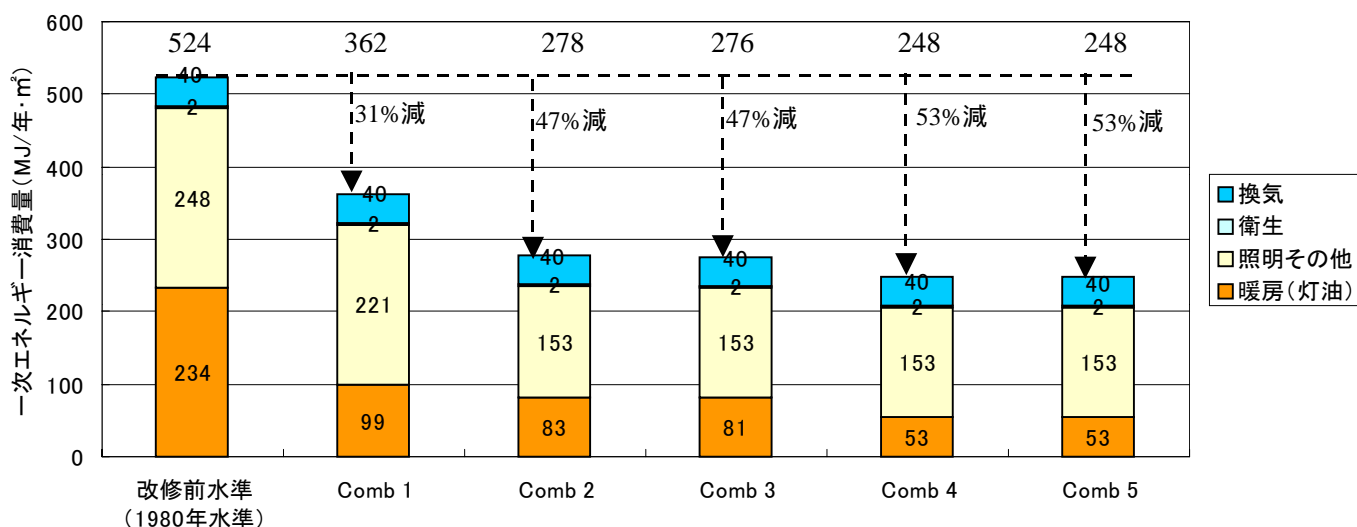


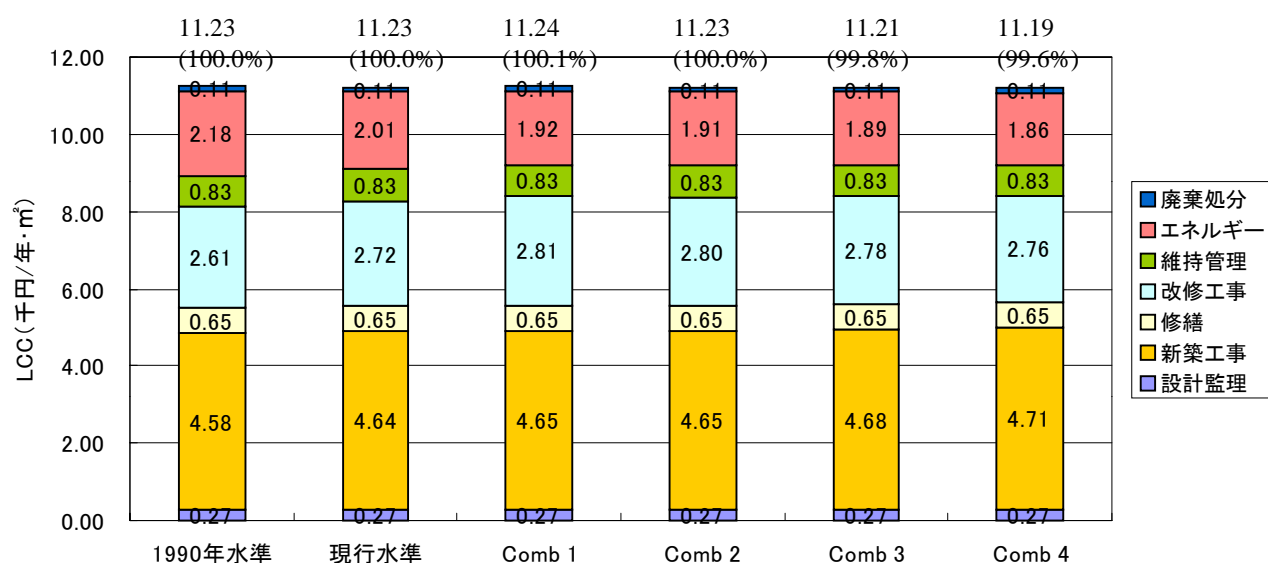
図 3. 14 改修時における各組み合わせの一次エネルギー消費量

(2) LCC、LCCO₂ (ライフサイクルコスト、ライフサイクルCO₂)

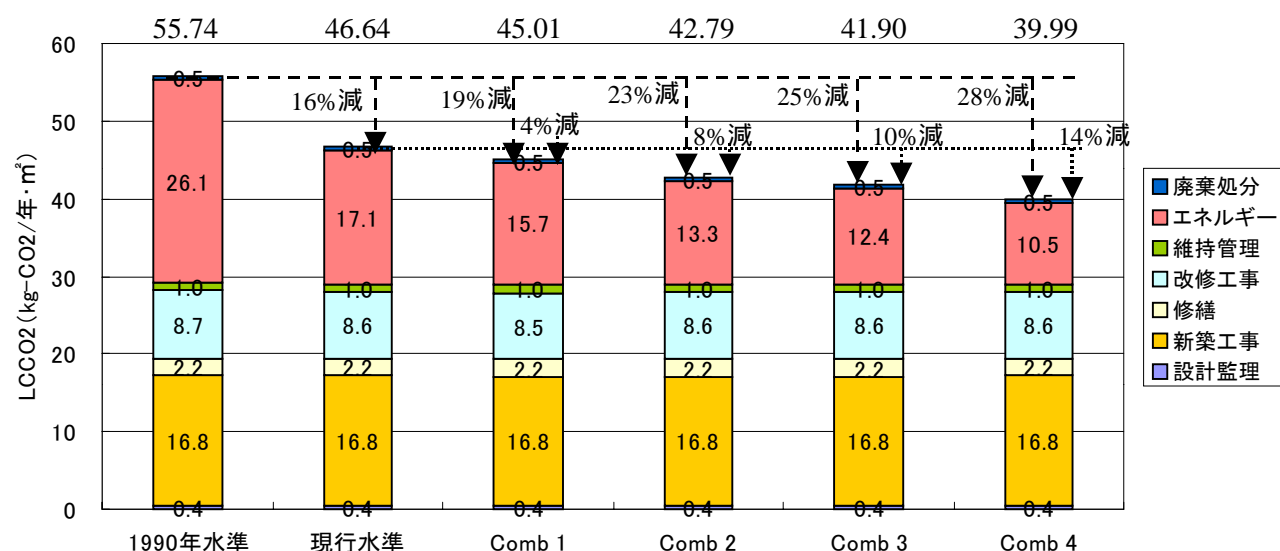
LCC、LCCO₂は新築時で建築寿命を50年として換算している。新築時、対策組み合わせによるLCCはICの増額にかかわらず、RC(ランニングコスト)などの低減により概ね同値となる。現在、県立学校では価格の低い灯油や重油が主な空調燃料であるためエネルギー費のLCCに占める割合が低く、一次エネルギー消費量を52%低減させたComb 4においてもLCCは若干の減少傾向、となる程度である。但し、将来的には石油燃料の高騰が予想され、エネルギー費の低減は今後大きなLCC低減の要因となることを見込まれる。

一方、LCCO₂はエネルギー消費によるCO₂排出量の全体に占める割合が高いため、新築時、対策組み合わせのグレードを上げるのに応じてLCCO₂が低くなる傾向となる。

Comb 4においては、1990年水準相当と比較して28%、現行水準と比較して14%程度の低減が見込まれる。



(1) LCC (千円/年・m²、図上部数値は総計値、()は現行水準に対する100%率)

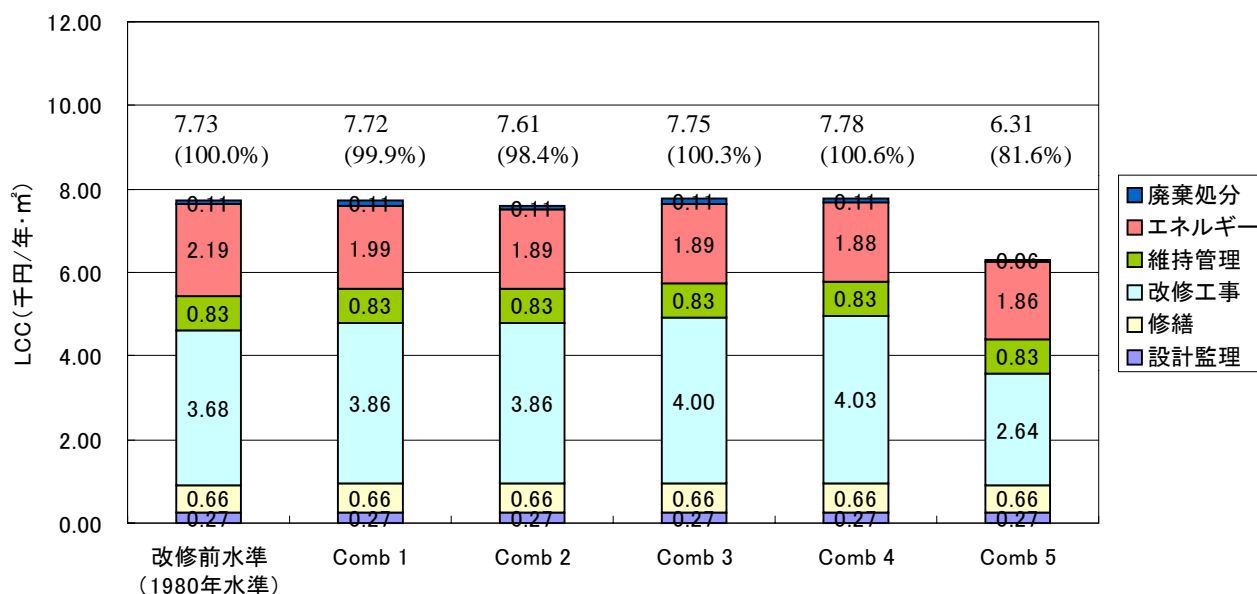


(2) LCCO₂ (kg-CO₂/年・m²、図上部数値は総計値)

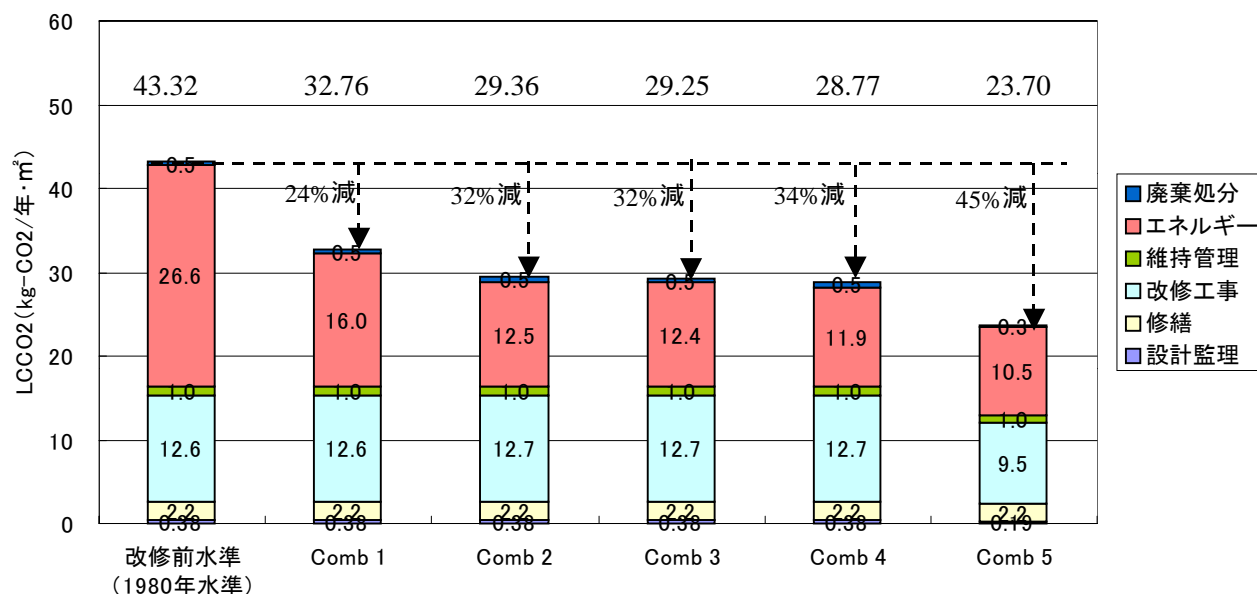
図 3.15 ライフサイクル評価 (新築時)

改修時はLCC、LCCO₂の対象年数を25年(Comb 5のみ長寿命を前提とし50年)として計算を行っている。改修時のLCCは改修前水準のエネルギー費用が大きいものの、投資を回収する期間が短いため、全ての対策組み合わせで同値、もしくは増加傾向となる。但し、長寿命化を前提としたComb 5では、残存寿命を50年とすることで、LCCの大幅な低減を図ることができる。

また、改修時はエネルギー起源のCO₂排出量のLCCO₂に占める割合が高い。このため、全ての組み合わせでLCCO₂は20%以上低減する。長寿命化を前提としたComb 5ではエネルギー消費量起源のLCCO₂だけでなく、改修工事起源のLCCO₂も大幅に低減し、全体として改修前水準と比較して45%程度の低減が見込める。



(1) LCC (千円/年・㎡、図上部数値は総計値、()は改修前水準に対する100%率)



(2) LCCO₂ (kg-CO₂/年・㎡、図上部数値は総計値)

図 3.16 ライフサイクル評価 (改修時)

(3) 効果試算(費用対効果)

新築時、改修時の各対策組み合わせによる具体的な指標値を表3.20、表3.21にまとめる。この表により、1kg-CO₂を減らすために必要な投資額、低減されたエネルギー費で投資した費用を回収するまでにかかる年数(単純投資回収年数)などの効果がわかる。

先にも述べたように、県立学校はLCCに占める一次エネルギー消費にかかる経費の比率が低い傾向にあるため(17~19%程度、図3.15(1))、一次エネルギー消費量を34%削減したComb4においても、単純投資回収年数が24年程度かかる。

改修時、Comb3,4では改修時の初期投資額がLCC算出の対象年数内(25年)では改修できず、LCCは増加傾向となる。Comb4と同対策を施し、長寿命化を前提としたComb5ではLCCの大幅な低減が見込める。

表3.20 各対策における費用対効果(新築時)

項目	現行水準	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	単位
建築イニシャルコスト差額	0	0	2,680	27,844	43,923	千円
設備イニシャルコスト差額	0	3,978	1,825	-10,241	-16,205	千円
イニシャルコスト差額	0	521	591	2,307	3,633	円/㎡
イニシャルCO ₂ 増減量	0	1	2	0	0	kg-CO ₂ /㎡
ランニングコスト差額	0	-90	-92	-121	-148	円/年・㎡
ランニングCO ₂ 増減量	0	-2	-3	-5	-7	kg-CO ₂ /年・㎡
LCC差額	0	13	-1	-18	-38	円/年・㎡
LCCCO ₂ 増減量	0	-2	-2	-5	-7	kg-CO ₂ /年・㎡
単純投資回収年数	-	5.8	6.4	19.1	24.5	年
CO ₂ 回収年数	-	0.3	0.9	0.0	0.1	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	235	257	487	546	円/(kg-CO ₂ /年)

表3.21 各対策における費用対効果(改修時)

項目	改修前水準 (1980年水準)	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	単位
建築イニシャルコスト差額	0	34,361	38,719	64,288	83,817	83,817	千円
設備イニシャルコスト差額	0	542	-2,196	-1,612	-8,278	-8,278	千円
イニシャルコスト差額	0	4,574	4,787	8,214	9,900	9,900	円/㎡
イニシャルCO ₂ 増減量	0	-0.3	-0.4	-0.3	0.1	0.1	kg-CO ₂ /㎡
ランニングコスト差額	0	-197.9	-302.5	-303.9	-331.1	-331.1	円/年・㎡
ランニングCO ₂ 増減量	0	-10.6	-14.1	-14.2	-16.1	-16.1	kg-CO ₂ /年・㎡
LCC差額	0	-9.4	-119.9	20.2	25.9	-1561.5	円/年・㎡
LCCCO ₂ 増減量	0	-10.6	-14.0	-14.1	-16.0	-19.6	kg-CO ₂ /年・㎡
単純投資回収年数	-	23.1	15.8	27.0	29.9	29.9	年
CO ₂ 回収年数	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	433	343	584	620	504	円/(kg-CO ₂ /年)

最後に新築時（改修時）の各対策組み合わせの「運用 CO₂ 排出量」、「LCCO₂」、「LCC」、「IC」を現行水準（改修前水準）を 100%とした場合の増減率として表 3. 22（表 3. 23）にまとめる。

新築時の場合、運用 CO₂ 排出量、LCCO₂ の低減率は対策組み合わせのグレードが上がるとともに大きくなる。一方、IC の増加率は高くなる。費用対効果で見ると、単純投資回収年数、1kg-CO₂ を削減するのにかかる初期費用は Comb 1, 2 で値が低いものの、建築寿命 50 年で算出された LCC の低減効果は Comb 1, 2 で得られず、Comb 3, 4 で発現する。これは、設備容量の低減による設備改修費用の減額などが大きく評価されたためである。上記の比較内容より、環境負荷低減効果が高く、LCC 低減効果が高い Comb 3, 4 を今後整備対象となる新築建物に適用する水準と設定し、第 2 編の指針における指標の目標値の根拠とする。また、費用対効果の観点から Comb3 は原則的に適用する水準、Comb4 は特に環境調和型建物として重点整備する建物に適用する水準とする。なお、Comb 3, 4 は断熱手法として外断熱工法を採用した組み合わせでもあり、学校の温熱環境改善においても大きな効果を発揮することが期待できる。

表 3. 22 対策組み合わせ毎（新築時）の指標値（現行水準からの増減率）

	Comb 1	Comb 2	Comb 3 (水準1)	Comb 4 (水準2)	単位
運用CO ₂ 排出量	-13.9%	-14.6%	-27.7%	-38.8%	
LCCO ₂	-4.8%	-4.9%	-10.2%	-14.3%	
LCC	0.1%	0.0%	-0.2%	-0.3%	
IC	0.2%	0.3%	1.0%	1.6%	
単純投資回収年数	5.8	6.4	19.1	24.5	年
1kg/CO ₂ 削減にかかる初期費用	235	257	487	546	円/(kg/CO ₂)・年)

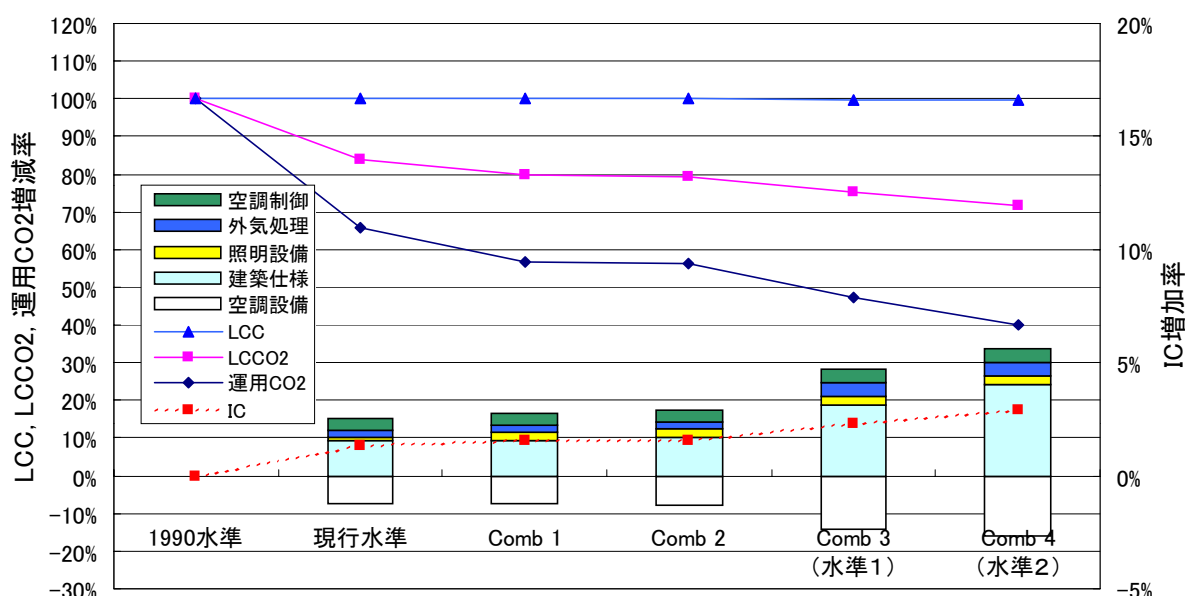


図 3. 17 対策組み合わせ毎の指標値（新築時）

改修時の場合、運用 CO₂ 排出量の低減率は全ての組み合わせで約 40%以上となり、組み合わせのグレードが上がるに連れて高くなる（Comb 4, 5 は長寿命化以外の対策が同じため低減率が同じ）。同様に、LCCO₂ も組み合わせのグレード向上に対応して低減率が高くなる。長寿命化を図った Comb 5 では低減効果が特に顕著である。費用対効果の面では Comb 2 がもっとも優れ、Comb 3、Comb 4 では単純投資回収年数が残存寿命の年数を超えるだけでなく、LCC も改修前の水準と比較して増加傾向となる。Comb 3～5 では、断熱仕様として初期投資の大きい外断熱工法を採用しているが、改修の場合は残存寿命が短いため、同時に長寿命化を図ることの重要性が示されている。初期投資額の大きい Comb 5 は長寿命化対策を行った組み合わせで、LCCO₂、LCC の低減効果が大きく示されている。上記の比較内容より、環境負荷低減効果が期待でき、LCC の低減効果が高い Comb 1, 2 及び用途変更などの長寿命化を前提とした Comb 5 を、第 2 編の指針における指標の目標値の根拠とする。また、費用対効果の観点から Comb 1 は原則的に適用する水準、Comb 2 は特に環境調和型建物として重点整備する建物に適用する水準とする。

表 3. 23 対策組み合わせ毎（改修時）の指標値（改修前水準からの増減率）

	Comb 1 (水準1)	Comb 2 (水準2)	Comb 3	Comb 4	Comb 5 (水準3)	単位
運用CO ₂ 排出量	-39.8%	-53.0%	-53.4%	-60.5%	-60.5%	
LCCO ₂	-24.4%	-32.2%	-32.5%	-36.8%	-45.3%	
LCC	-0.1%	-1.6%	0.3%	0.3%	-18.4%	
IC	8.6%	9.0%	15.5%	18.7%	18.7%	
単純投資回収年数	23.1	15.8	27.0	29.9	29.9	年
1kg/CO ₂ 削減にかかる費用	433	343	584	620	504	円/(kg/CO ₂)・年

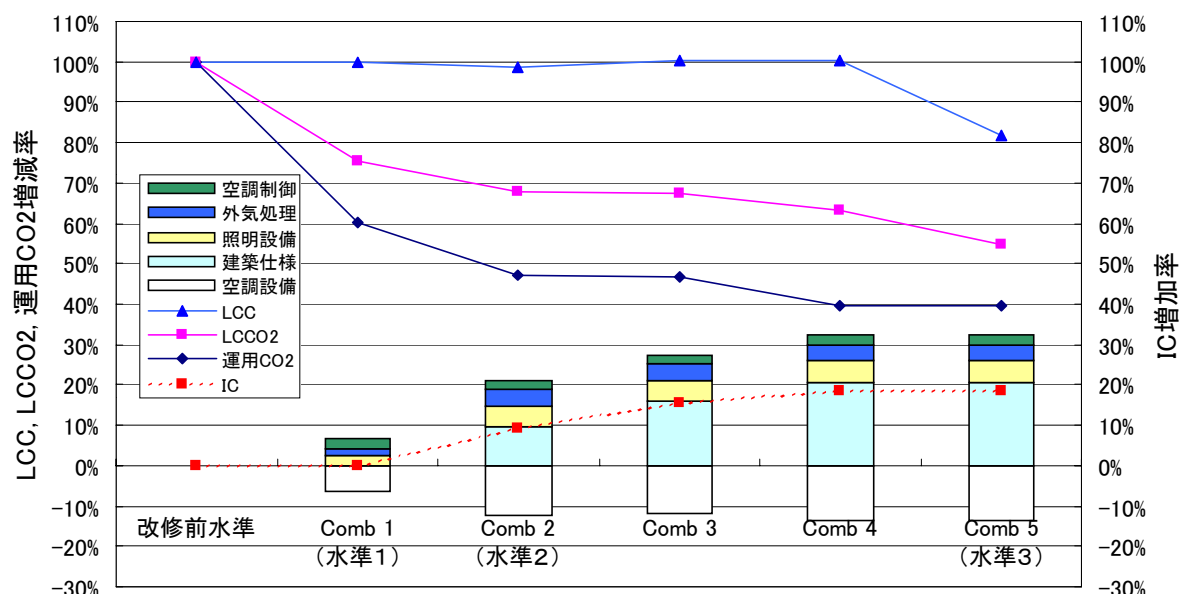


図 3. 18 対策組み合わせ毎の指標値（改修時）

3.4 学校施設における各種環境負荷低減手法と効果

3.4.1 教室モデルによる省エネルギー効果の検討

個別要素技術を教室モデルに適用した場合の年間暖房負荷への影響度分析を行う。検討要素によっては付随する室内環境の評価も同時に行う。熱負荷の計算には HASP/ACLD、年間エネルギーシミュレーションには HASP/ACSS を用い、暖房負荷を以下の 5 項目の集計結果として算出する(図 3. 20、HASP/ACLD ; 空調便覧の最大負荷計算法に準拠して作成された熱負荷計算ソフト、HASP/ACSS ; HASP/ACLD の結果を利用する空調システムシミュレーションソフト、「空気調和衛生工学便覧」; 空気調和衛生工学会編)。

- 壁、床、窓、天井からの貫流負荷
- 換気による外気負荷
- すきま風によるすきま負荷
- 日射取得熱
- 照明、人体発熱、機械発熱などの内部発熱

HASP/ACSS は 365 日、24 時間の気象データ (拡張アメダスデータ 2000) を用いる年間負荷計算であり、空調立ち上がり時のピーク負荷なども再現する (出力例 : 図 3. 24)。本計算の教室の年間利用スケジュールは青森西高校の実績を参考にして作成している。

教室モデルを用いて検討する要素を表 3. 24 に示す。また、それぞれの要素技術の比較を行うための基準ケース計算条件を表 3. 25 に示す。

表 3. 24 教室モデルで検討する要素技術

要素		項目	検討項目	備考
区分				
立地条件	1	地域	青森、弘前、八戸、むつ	方位による影響も同時に検討
	2	方位	東、西、南、北 (方位は単独で評価せず)	他の要素と複合して評価
建築仕様	3	断熱仕様	内断熱 : 25、30、40、50mm 外断熱 : 30、50、80、100、120mm	方位による影響も同時に検討。 断熱材 : 吹付硬質ウレタン
	4	ガラス仕様	単層透明(3mm)、複層透明(3+6+3mm)、 単層透明(3mm) + 木製サッシ、複層 Low-e(6+12+6mm)	ブラインドの有無、方位による影響も同時に検討
	5	庇	なし、横庇、縦庇、縦横庇 (庇深さ:1.5m)	方位による影響も同時に検討
	6	サッシ 気密性	気密機構無し、気密パッキン、気密機構付	気密機構なしの場合 0.2 回/h
運用方法	7	室温設定	18、20、22	方位による影響も同時に検討
	8	換気方式	第三種機械換気、全熱交換器経由、外調機経由	
制御	9	空調方式	自動制御の有無	
	10	照明方式	一般型蛍光灯、Hf 型蛍光灯、 光センサーによる初期照度設定 光センサーによる初期照度設定及び昼光利用制御	室内の照度分布も併せて検討

表 3.25 基準ケースの技術要素一覧

地域	青森
教室窓面向き	南
断熱仕様	内断熱、断熱厚 30mm
ガラス	単層ガラス(明色ブラインド)
庇	なし
室温設定	20 (暖房時)
空調方式	自動制御有り
換気方式	第3種機械換気
サッシ気密性能	気密機構無し
照明方式	一般型蛍光灯

この基準ケースは要素技術毎の比較を行う上での想定ケースである。

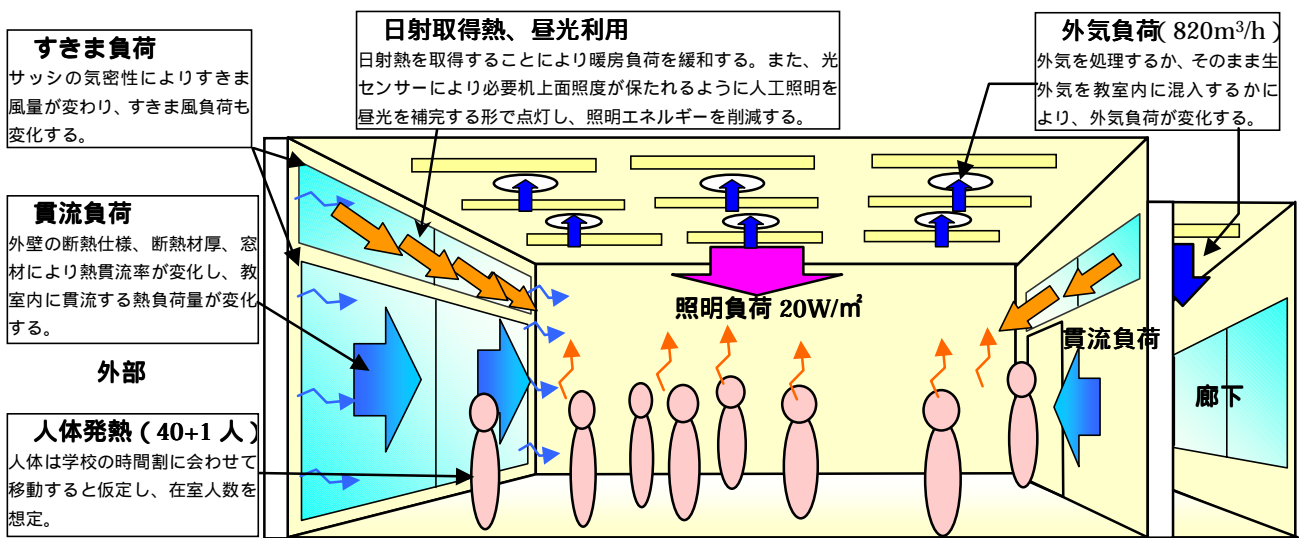


図 3.19 教室モデルの熱移動模式図

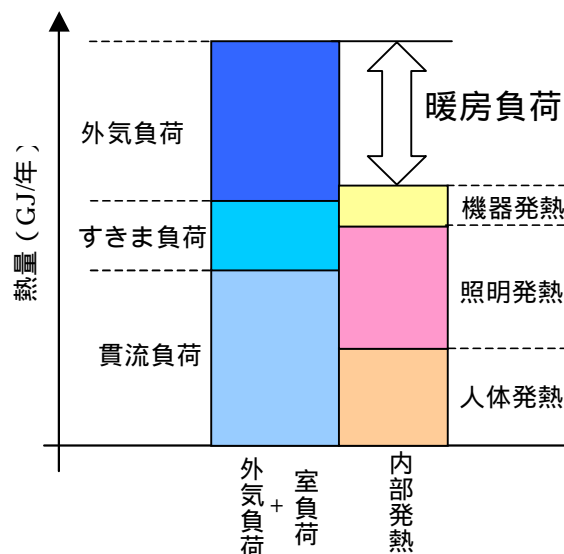


図 3.20 暖房負荷の内訳 (概念図)

青森県内においても図 3. 21 のように地域によって外部環境に違いがある。ここでは青森県の気候を代表する 4 地域 (青森、弘前、八戸、むつ) で、表 3. 25 の基本条件における年間暖房負荷の格差を検討する。その他の計算条件は 3.3.2 節 学校モデルの設定 教室モデル参照。

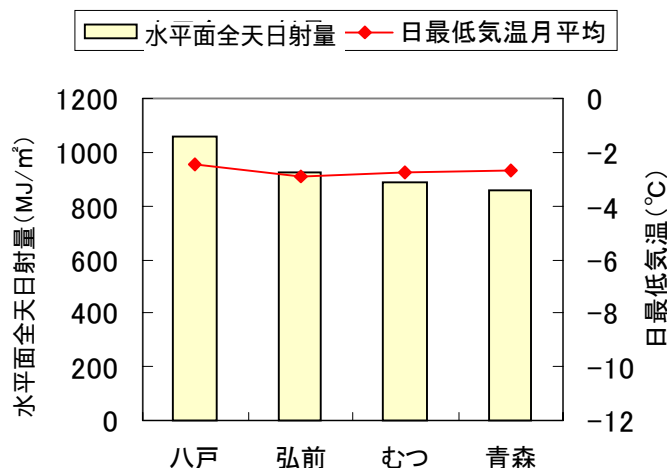


図 3. 21 冬期 (12 ~ 3 月) の各地域の気象条件

図 3. 22 に各地域で教室窓面が南・北向きの場合の暖房負荷をそれぞれ示す。図中の数値は「青森(南向き)」を 100%とした場合の百分率を示している。日最低気温月平均において大差のない青森と八戸の結果を比較すると、八戸(南向き)の値は青森(南向き)に対して 50%となり、冬期の日射熱取得による暖房負荷の緩和効果が顕著にあらわれている。普通教室窓面が北向きの場合は、日射による影響が少ないため、青森、八戸間での年間暖房負荷の低減率も小さくなる。

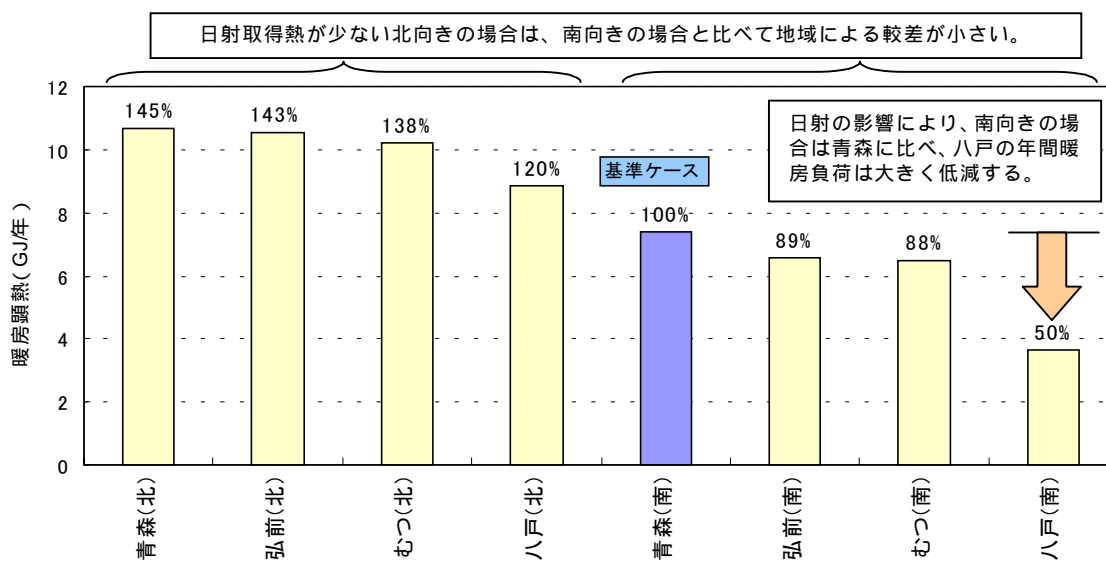


図 3. 22 暖房負荷の地域・方位による比較

断熱仕様の変化による年間暖房負荷の変化を検討する。教室モデルは中間階に位置するため、天井、床は「断熱なし」と仮定し、外壁の断熱仕様の変化に対する影響度を検討する(教室モデル詳細断面：図 3. 10 参照)。本節では、内断熱・外断熱のそれぞれの断熱方式で断熱厚さを変えた場合に関して、基準ケース(内断熱、断熱厚 30mm)と比較する。外断熱では躯体に断熱の断点ができず、躯体全体が断熱材でくまられるが、内断熱の場合は床スラブ等で断熱が切れ、図 3. 23 のようにヒートブリッジが形成されてしまう。断熱厚み以外の計算条件は表 3. 25 の基準ケースと同様。

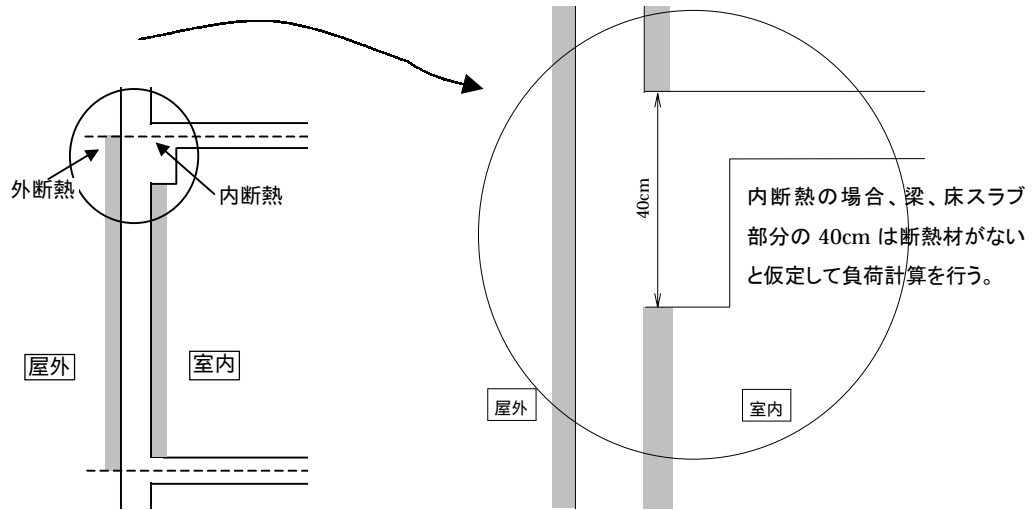


図 3. 23 内断熱時のヒートブリッジの扱い

図 3. 24 に冬休み明けの月曜日(1月16日)の内断熱時と外断熱時の室温と暖房負荷の時間変化を示す。外断熱の場合は、躯体が蓄熱プールとなるため、内断熱時に比べて夜間に温度が下がりにくく、それに対応して翌朝立ち上がり時の暖房負荷も軽減される。ここでは、基準ケースに対して、内断熱、外断熱時の比較を行ったが、外壁以外の窓ガラスなどが高断熱化されていないため、十分な外断熱の効果は得られなかった。外断熱を行う際には建物全体を高断熱化することが必要である。

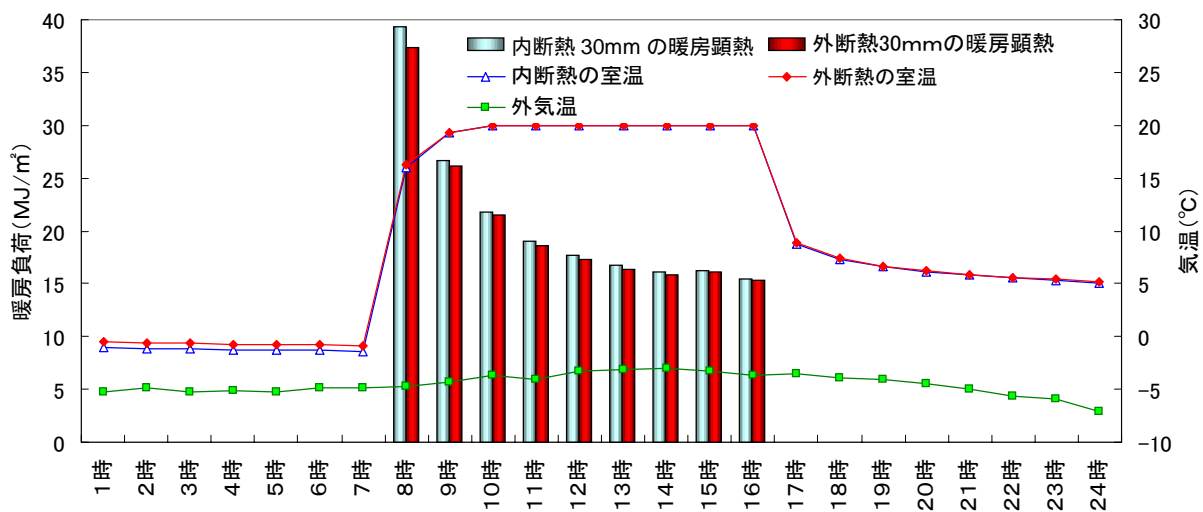


図 3. 24 断熱位置による暖房負荷及び自然室温の比較(1月16日、月曜日)

図 3. 25 より窓面向きに関わらず、内断熱と外断熱の関係には同様の傾向が見られる。また、内断熱の場合は断熱厚 30mm 以上で、外断熱の場合は断熱厚 80mm 以上で暖房負荷低減の効果が鈍り、更に断熱厚を増しても暖房負荷は余り下らない。外断熱工法を計画する場合には、断熱厚と費用対効果を十分に検討し、最適な断熱厚を決定することが肝要である。また、新築物件の場合は、暖房対象室を南向きとすることで断熱仕様を強化することよりも非常に高い暖房負荷低減効果が得られることが示されている。表 3. 26 に各仕様による教室モデルの総合熱損失係数 (W/) を示す。同じ断熱厚で内断熱と外断熱の場合で熱損失係数が異なるのは、梁部分のヒートブリッジを考慮しているためである。

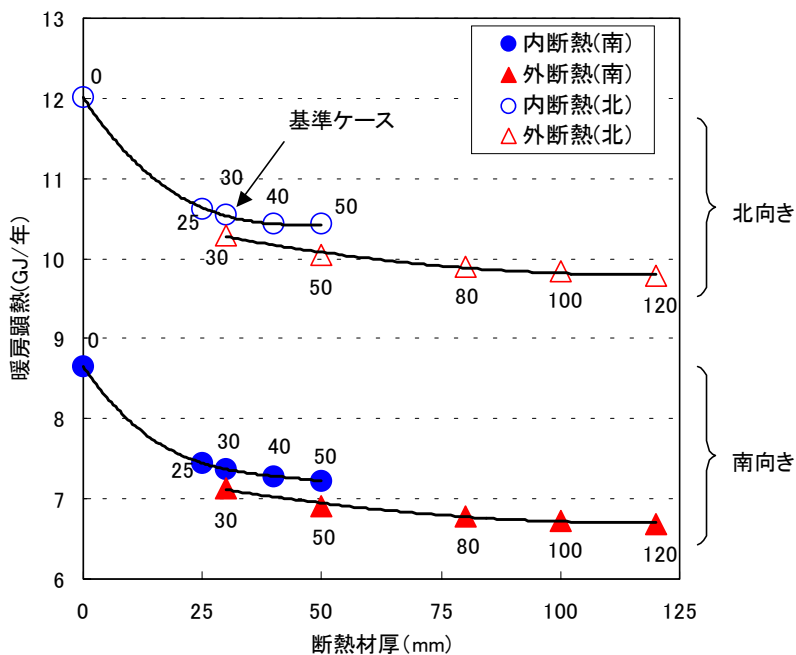


図 3. 25 断熱仕様による暖房負荷の比較

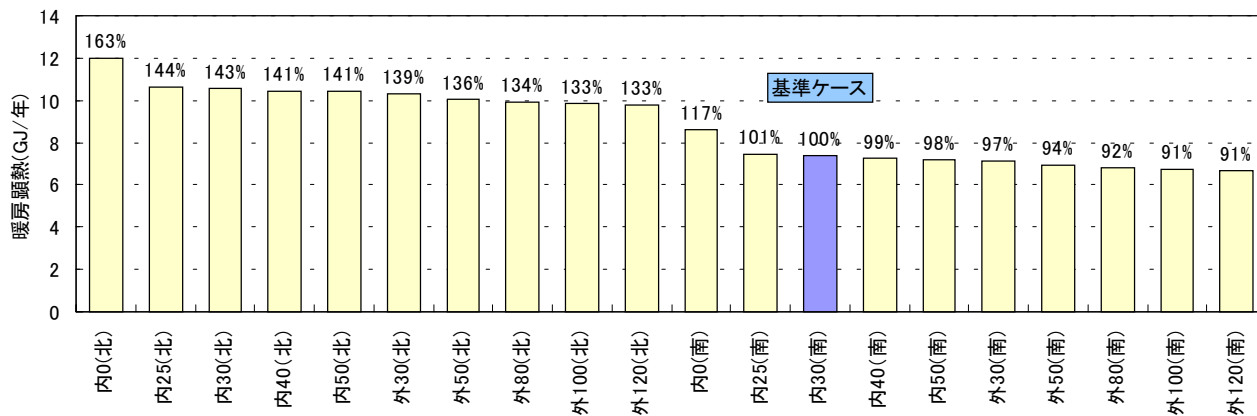


図 3. 26 断熱仕様による年間暖房負荷の比較 (基準ケースに対する百分率)

表 3. 26 断熱仕様の差による教室モデルの総合熱損失係数 (W/)

	断熱厚	総合熱損失係数		断熱厚	総合熱損失係数
内断熱	0	155	外断熱	30	115
	25	125		50	112
	30	124		80	109
	40	121		100	108
	50	120		120	107

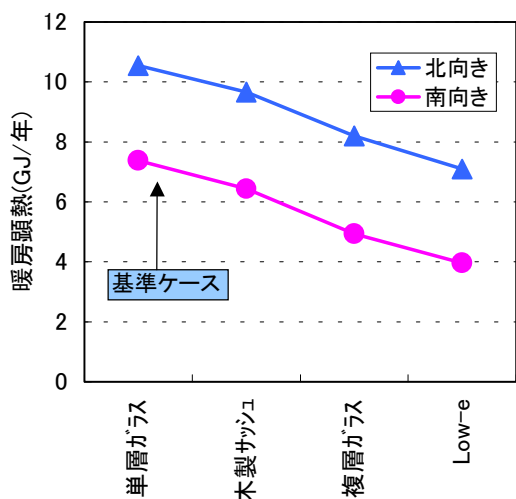
教室のガラス仕様を変化させた場合の年間暖房負荷を比較した。検討対象としたガラスの仕様を表 3. 27 に示す。本来、学校施設では窓面にブラインドでなく、カーテンを設置するがここでは明色ブラインドにて代替える。また、ブラインドは、窓面からの日射取得熱量が 233W/m²以上となった場合に閉じることとしている(このような数値を「限界日射取得量」という)。

表 3. 27 ガラス仕様

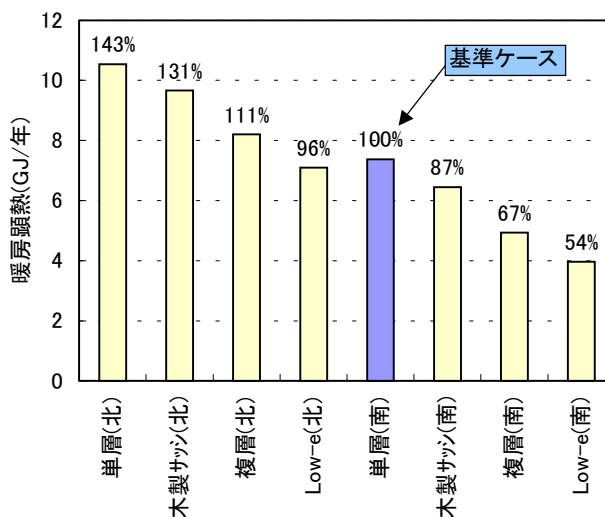
ガラス種別	熱貫流率 (W/m ² ・)	日射遮蔽係数		遮蔽物	総合熱損失 係数(W/)
		放射(SCR)	対流(SCC)		
単層ガラス (FL6)	4.95	0.26	0.27	明色 ブラインド	124
単層ガラス(FL6) + 木製サッシ	4.12	0.26	0.27	明色 ブラインド	111
複層ガラス (FL3+Air6+FL3)	2.88	0.24	0.28	明色 ブラインド	93
複層 Low-e ガラス (FL6+Air12+CFL6LE)	1.65	0.25	0.24	明色 ブラインド	75

木製サッシ - 単層ガラスの内側に木製の建具をはめ込んでいるような状態を想定している。

計算結果を図 3. 27 に示す。教室の窓面向きにかかわらずガラス種類の断熱向上により暖房顕熱負荷は低減する(図 3. 27 (1))。これは表 3. 27 より単層ガラスと複層 Low-e ガラスの日射遮蔽係数に大差がないこと、日射取得による負荷低減よりも窓面からの貫流熱が室内の熱負荷傾向に大きく影響を及ぼしていることに起因する。また、図 3. 25 と図 3. 27 (2)の比較により、教室モデルにおける負荷の低減には断熱仕様の強化よりも、ガラス種別の選択がより効果的であることがわかる。



(1) ガラス種別による比較



(2) 基準ケースとの比較

図 3. 27 ガラス種別による年間暖房負荷の比

(2) 断熱仕様、(3) ガラス仕様の検討から、より現実的な断熱仕様とガラス仕様の組み合わせによる環境負荷低減の効果を検討する。検討する組み合わせを表 3. 28 に示す。施工上の問題、実質的な効果を勘案し、内断熱仕様の断熱厚は 30~50mm とし、Low-e ガラスは用いないとする。また、外断熱仕様の場合、図 3. 25 より断熱厚を 80mm 以上にしても暖房負荷低減への効果はさほど変わらないため、ここでは 50mm、80mm に関してのみ検討を行い、単層ガラスとの併用はないとする。

表 3. 28 断熱仕様とガラス仕様の組み合わせによる比較

Case No.	断熱仕様		ガラス仕様	総合熱損失係数 (W/)
	断熱位置	断熱厚(mm)		
1	内断熱	30	単層	124
2		50	ガラス	120
3		30	複層	93
4		50		89
5	外断熱	50	複層	81
6		80	ガラス	78
7		50	複層 Low-e	65
8		80	ガラス	62

図 3. 28 より、複層ガラスの暖房負荷低減効果が高いことがわかる。また、Case 4, 5 の比較より外断熱仕様は内断熱仕様と比べ、基準ケース比で 5%程度の負荷低減効果がある。年間暖房負荷の値は Case 1, 2、Case 3~6、Case 7, 8 の 3 ステップで低減し、複層 Low-e ガラスを用いた Case 7, 8 では基準ケースに対して 1/2 程度となる。これは普通教室のように外壁に占めるガラス面の割合が多い居室では暖房負荷に占めるガラス面貫流負荷の割合が非常に大きいことを示している。

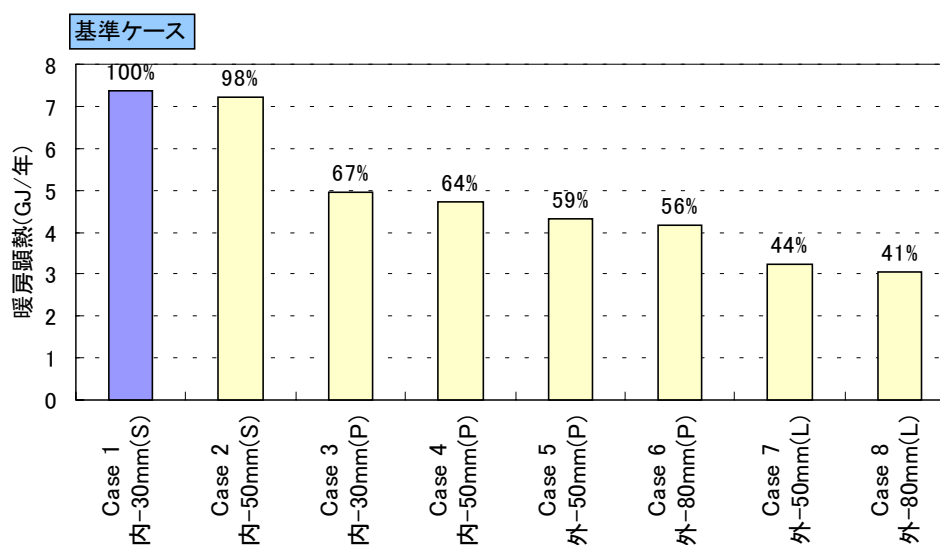
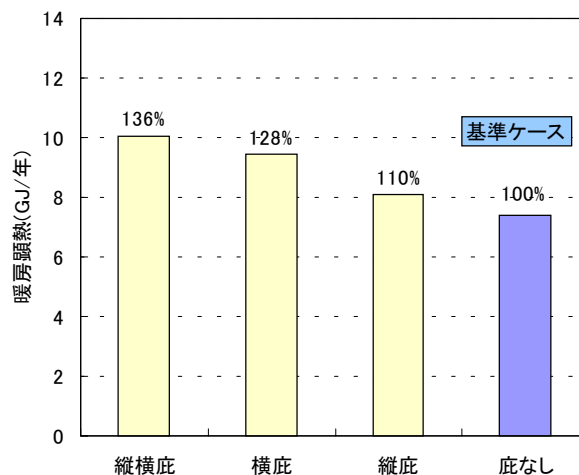
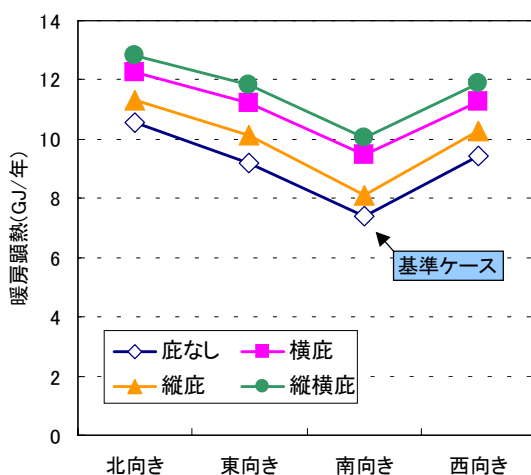


図 3. 28 断熱仕様とガラス仕様の組み合わせによる比較

(5) 庇の効果

庇は夏期においては窓からの直達日射による室内の熱取得を低減する効果があるが、冬期においては暖房負荷を増加させる方向に働く。ここでは暖房顕熱負荷に関してのみ検討しているが、昼光利用などの自然採光を用いる場合は、照明エネルギーの低減なども含めた総合的な評価が望まれる。

図 3. 29 (1)より、庇の暖房負荷への寄与は建物向きにかかわらずほぼ同様の傾向となる。図 3. 29 (2)に南向きの場合の割合を示す。縦横庇を共に採用すると暖房負荷は 36%増す。



(1) 各方位における庇の影響度

(2) 基準ケースに対する庇の効果(南向き)

図 3. 29 庇の有無による年間暖房負荷の比較

(6) サッシの気密性

サッシの気密性の優劣により、室内に漏入する外気量(すきま風)が決定する。一般的な学校施設においては、このすきま風に対して特段の配慮は施していないが、外気温度の低い寒冷地においては、すきま風自体も大きな暖房負荷要因の一つとなる。すきま風量はサッシの気密性能(サッシ定数)により決まる。一般的なサッシのサッシ定数を表 3. 29 に示す。通常の学校施設などは、気密パッキンのないサッシを用いており、そのすきま換気量は 0.2 回/h 程度である。

表 3. 29 サッシ定数(換気量)

等級	適用例	サッシ定数	換気量(回/h)
	気密機構付(AT)	0.2	0.003
	気密パッキン付引き違いサッシ、上等の木製サッシ	3.2	0.05
	気密パッキンのないサッシ、中等以下の木製サッシ	12.9	0.2

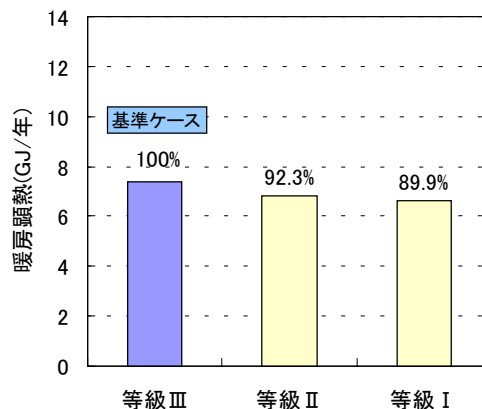


図 3. 30 サッシ性能による年間暖房負荷の比較

教室内の暖房設定温度を 18、20、22 と変化させた場合の年間暖房負荷の推移を 4 方位においてそれぞれ検討する。各方位において室温変動の差異による年間暖房顕熱負荷の傾向はほぼ同様である。

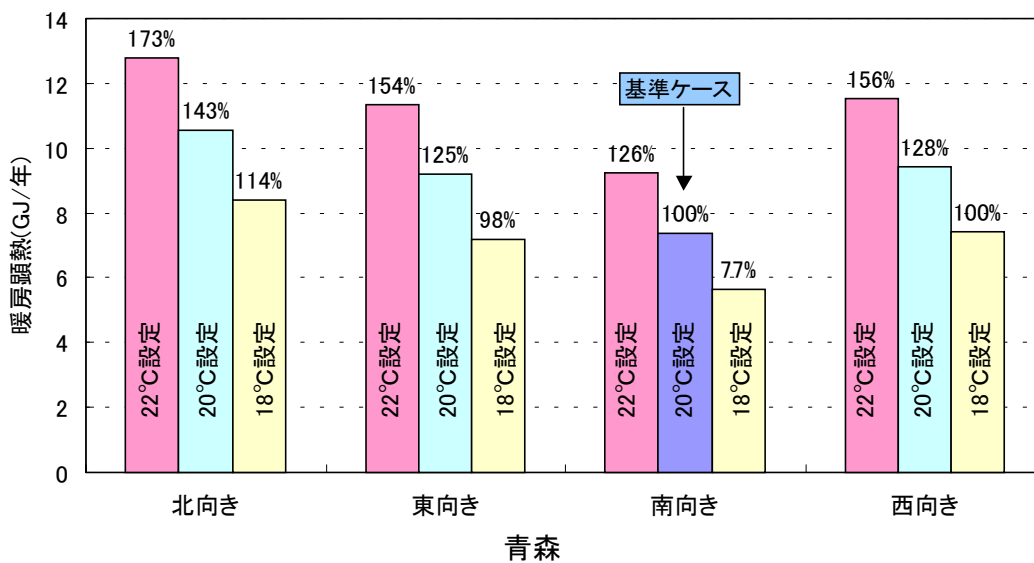


図 3.31 室温設定温度による年間暖房負荷の比較

1) 換気方式の違いによる室内環境の考え方

第3種機械換気

すきまから流入した外気を教室天井部で吸い、外部に排気する。この場合、室内で処理される外気負荷の算出には、外気混入温度としてそのままの外気温度を用いる。

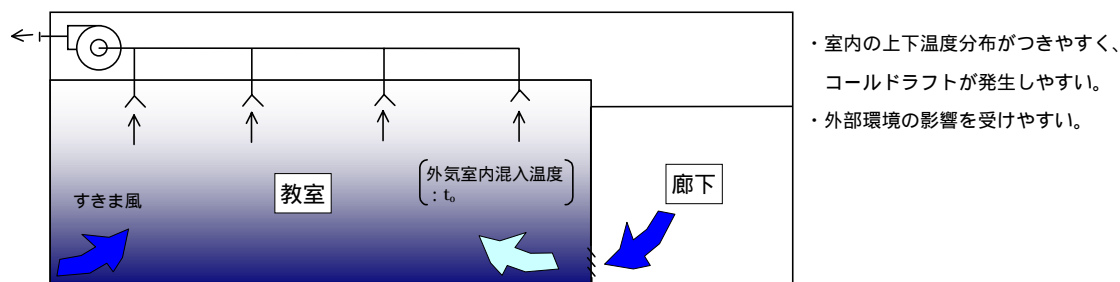


図 3. 32 (1) 第3種機械換気による教室の換気

全熱交換器経由

第1種換気となり、外気負荷が全熱交換器の交換効率分(50%)低減される。

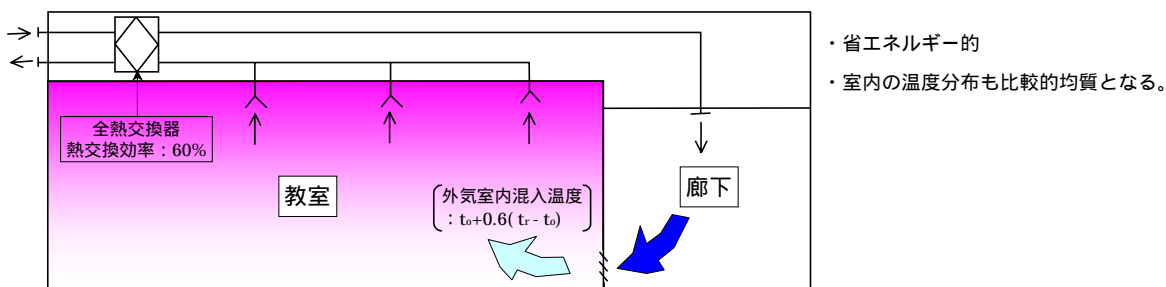


図 3. 32 (2) 全熱交換器を経由した教室の換気

外調機経由

外気負荷を中央で処理するため、教室の外気負荷としては見込まれない。

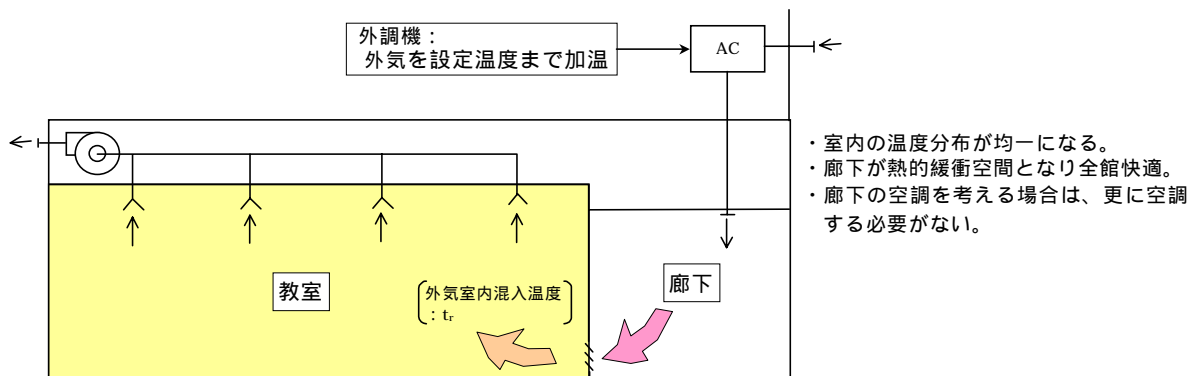


図 3. 32 (3) 外調機を経由した教室の換気

2) エネルギー消費量の低減効果

全熱交換器を導入した場合、室負荷の60%以上を占める外気負荷の50%程度が低減され、暖房負荷低減に大きな効果がある。外調機経由の場合は、教室モデルにおける暖房負荷は見かけ上無視されるが、実質的には中央で外調機により処理しているため、校舎全体を考える上では第3種機械換気の場合と同様の暖房負荷があると考えられる。但し、図3.32(3)に示すように、外調機経由の場合は、廊下が暖房されるのと同様の効果が得られ、校舎全体の温熱環境を考える上では優れている。

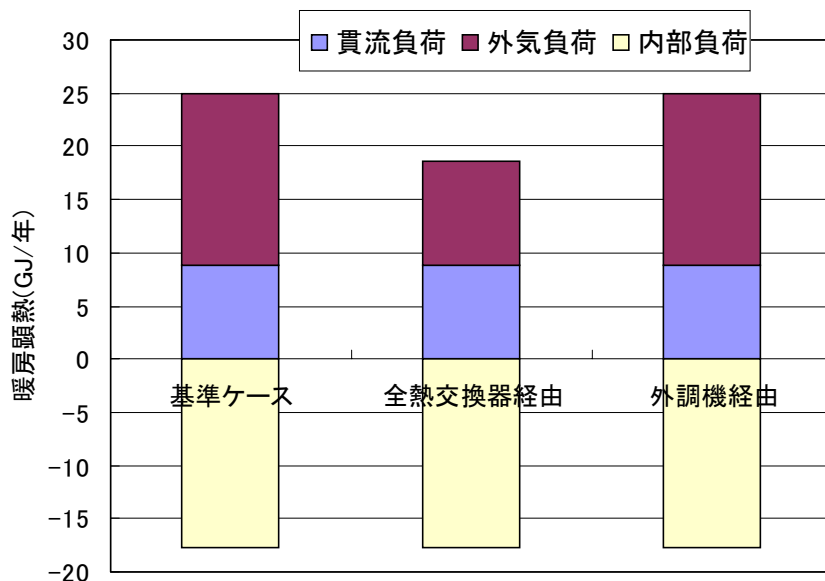


図 3.33 換気方式の違いによる年間暖房負荷の比較

青森県設備設計要領より、教室における暖房器具は原則としてファンコンベクター、パネルヒーターが推奨されている。器具の選定はその成績係数に応じてエネルギーの消費量に影響を与える。また、ここでは、自動制御の有無によるエネルギー消費量の差異を検討する。自動制御導入の効果を以下に示す。

1) 検討項目

空調機器仕様の相違による比較

学校の校舎で用いる空調機器は、今回はファンコンベクターを前提としている。場所や用途により、パネルヒーターが用いられる場合もあるが、エネルギー消費量の観点では、どちらの暖房器具を利用しても概ね同様の傾向になると考えられる。機器の効率は、導入する機種により異なるため、出来る限り高効率の機器を選定することが重要である。

表 3.30 暖房器具の成績係数

暖房器具	機器効率		熱源効率	成績係数
	経年係数	能力補正係数		
ファンコンベクター	1.05	1.05	0.8	0.9

自動制御の有無によるエネルギー消費量の考え方

自動制御には台数制御、熱源流量制御、温度制御、端末機器の風量制御などがあるが、ここでは端末機器（ファンコンベクター）の風量制御の観点で自動制御を扱う。

i) 自動制御有りの場合

自動制御有りの場合は負荷に追従する形でファンコンベクターの風量が調整されるためエネルギー消費量低減に大きく貢献する。計算上、自動制御を導入して処理される負荷は、負荷計算の結果そのままであると想定する。

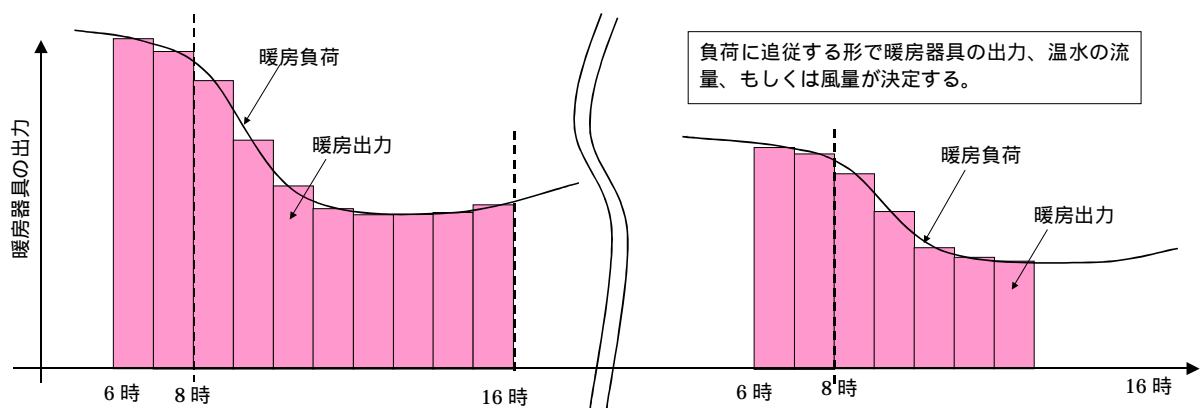


図 3.34 (1) 自動制御有りの場合の暖房器具出力

ii) 自動制御無しの場合

自動制御無しの場合は、ファンコンベクターの風量は手で調整され、冬期を2シーズンに分け(12~2月/10,11,3,4月) 各々のシーズンの負荷に応じた二段階(高、低)の暖房出力が実現できると仮定する。熱負荷計算上の扱いとしては各々のシーズンで空調時間内に定出力運転を行うこととなるため、室温は外部環境に常に揺り動かされ、場合によっては室温の過剰な上昇や低下を招くこととなる。

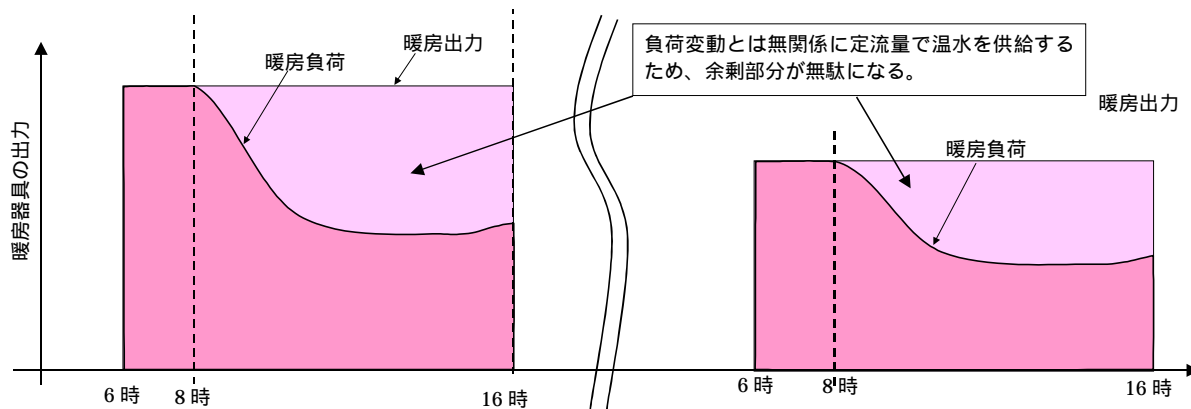


図 3. 34 (2) 自動制御無しの場合の暖房器具出力

2) エネルギー消費量の低減効果

教室モデルの基準ケース(自動制御有り)に対して自動制御無しの場合の比較を行う。自動制御を上記1)の仮定に基づいて適用した場合、自動制御がない場合の暖房年間負荷(暖房出力)は自動制御により適正に暖房した場合に比べて1.5倍程度の値となる。

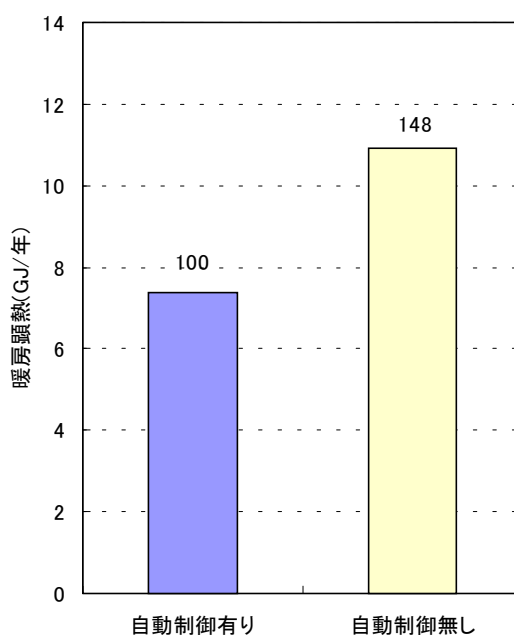


図 3. 35 自動制御の有無による暖房出力の比較

1) 検討項目

暖房負荷を計算する場合、照明による内部発熱は負荷の緩和に見込まないため、照明方式による年間暖房負荷の違いはない。ここでは照明方式の違いによる照明エネルギー消費量の低減効果に関して言及する。

照明方式の違いによる一般的な省電力率を表 3.31 に示す。

表 3.31 照明制御方式と省電力率

照明方式	省電力率
一般型蛍光灯	基準
Hf 型蛍光灯	13～14%
初期照度補正制御	30%
昼光利用制御	条件による (表 3.32)

初期照度補正制御

ランプは経時変化で光束が低下し、器具は汚れにより器具効率が低下する。従って、照明空間の照度は低下するが計画時にこの低下分を見込んで設計するために設備の新設やランプ交換、器具清掃時などは照度が高くなる。従って調光機能を用いて必要照度制御することにより余分の電力の節減が可能となる。

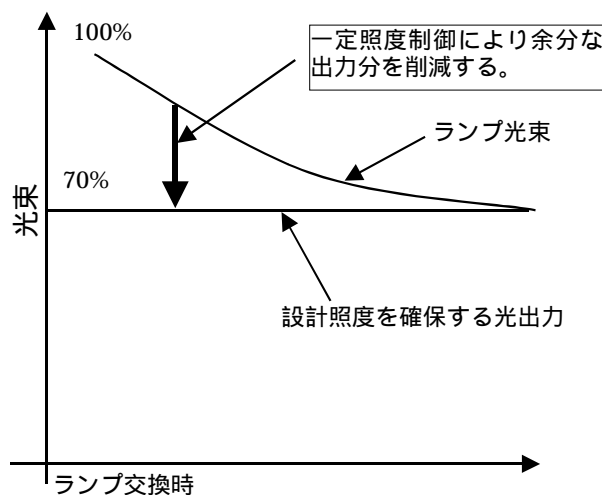


図 3.36 初期照度補正制御の概要

昼光利用制御

オフィスなどの窓際には自然光が入射し自然光による照度が得られる。この昼光を利用し窓際照明の消灯、または調光制御を行い省エネルギー化を図る。しかし、自然光利用時は室内照度の分布等も十分に検証する必要がある。ここで、青森市、八戸市で昼光利用制御を行った場合にどの程度の照明エネルギーの削減が図れるかを、またその際に室内の照度分布がどうなっているのかをシミュレーションにより検証した。

シミュレーションの条件と結果を表 3. 32 に、Case 1,5 (青森) の室内照度分布を図 3. 38 に示す。表中の自然光有効率は、自然光が室内設計照度に占める割合を示しており、すなわち照明エネルギーの低減率(省電力率)と読み替えることができる。

また、ブラインドの開閉条件は直射日光が窓面より室内側に 30cm 以上入射する場合にブラインドを閉めることとする。教室では図 3. 9 の通り、採光は教室窓側、廊下側からの両面採光を原則としている。Case 1,3,4 の結果よりライトシェルフの深さが 900mm 以下の場合には、ブラインドの閉鎖率が高くなってしまい、自然光有効率は低くなる。一方、Case 4, 5 の比較より、自然光有効率は Case 4 で最大となり、本計算条件におけるライトシェルフ深さは 900mm 程度が適当であることが示された。

図 3. 38 に照度分布を示す。庇が短い場合、窓際近傍の照度が高くなっている様子が伺える。

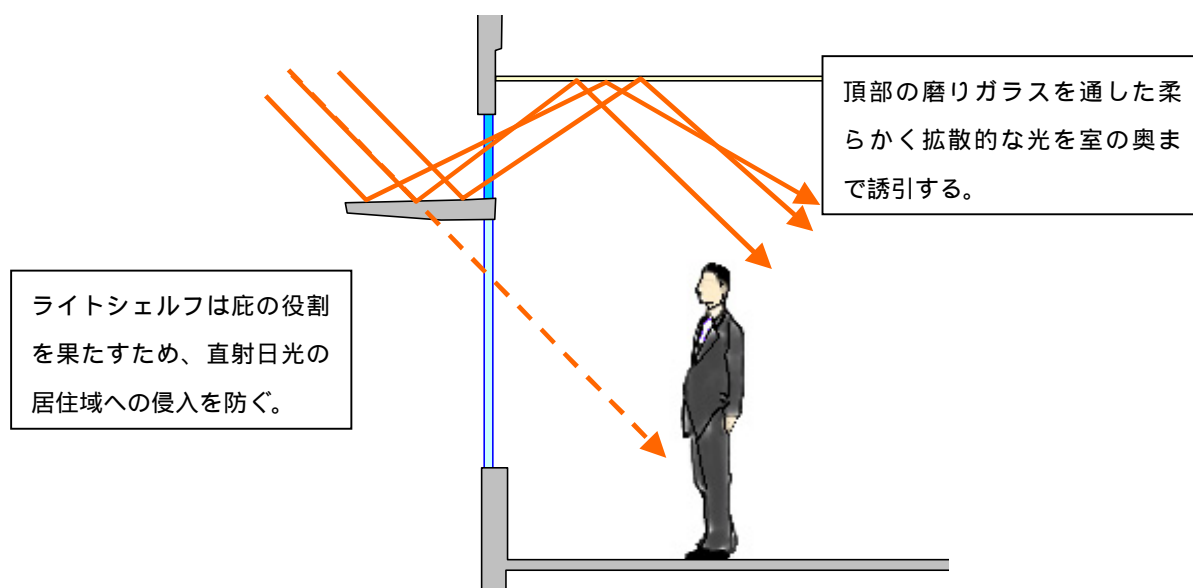
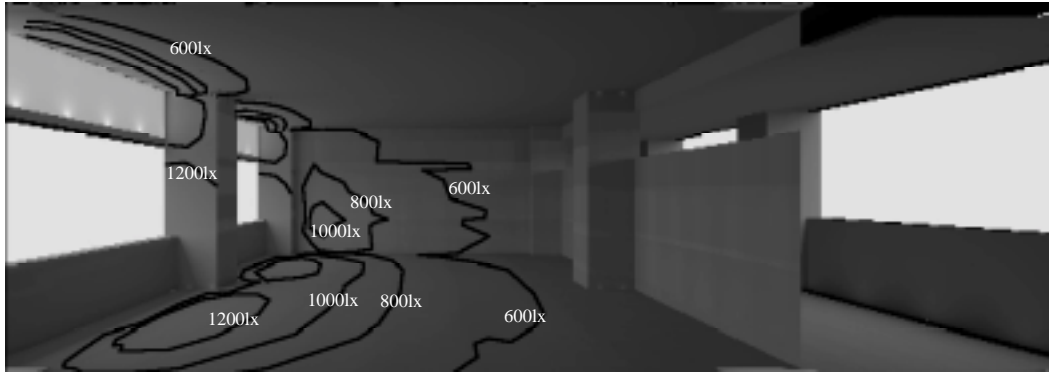
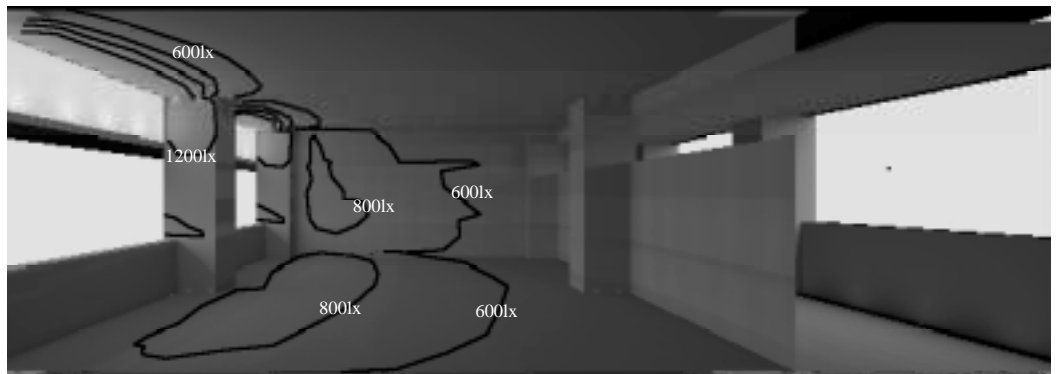


表 3. 32 昼光利用制御の計算ケース

Case No.	地域	ライトシェルフ深さ(mm)	窓面向き	自然光有効率	ブラインド開閉率
1	青森	300	南	57.2	23.9
2			北	48.3	5.1
3		900	南	60.4	18.9
4				64.3	13.1
5				63.4	13.1
6	八戸	300	南	48.7	33.9
7			北	51.1	5.5
8		900	南	53.1	27.5
9				57.3	21.3
10				56.5	21.3



1) Case 1 (ライトシュエルフ深さ 300mm)



2) Case 5 (ライトシュエルフ深さ 1200mm)

図 3. 38 昼光利用制御利用時の室内照度分布イメージ (瞬時値、青森)

2) エネルギー消費量の低減効果

照明方式による照明エネルギーの低減効果を図 3. 39 に示す。昼光利用制御の場合、窓面が南向きであるとより高い低減効果が期待できる。本計算の対象は両面採光の教室であるにも関わらず、一般型蛍光灯を 100%とした場合、窓面が北向きで 52%、南向きで 43%の照明エネルギー消費量となる。

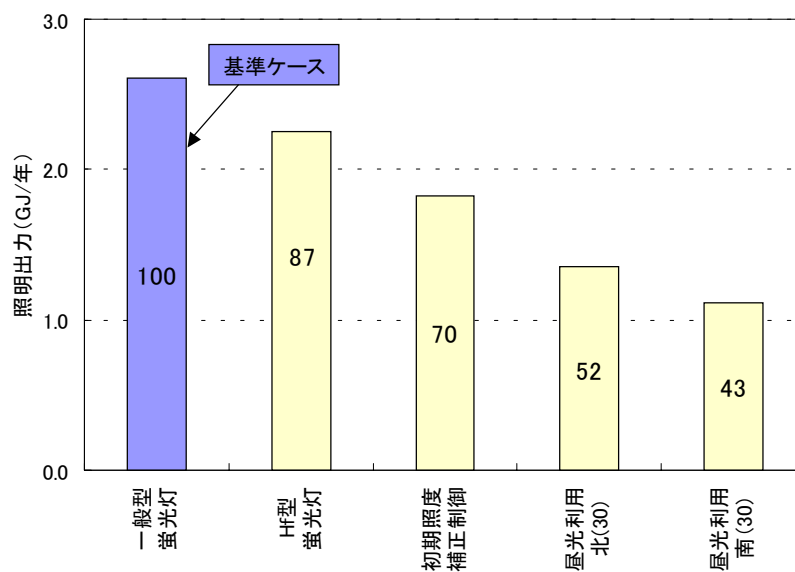


図 3. 39 照明方式の選択による照明エネルギー消費量の比較

3.4.2 学校モデルによるライフサイクル効果の検討

ここでは、建物全体の LCC、LCCO₂、IC/LCCO₂ による要素技術の評価を行う。検討対象には青森西高校を参考に作成した学校モデル（標準校舎モデル（図 3.11）、標準体育館モデル（図 3.12））を用い、教室モデルで考察した各要素技術（3.4.1）を適用した場合の学校全体の一次エネルギー消費量、LCC、LCCO₂、費用対効果などの評価を行う。費用対効果の算出は、新築時で建物寿命を 50 年と想定して行う。また、改修は 25 年目に建築・設備ともに同時に行うと仮定し、改修時のライフサイクル評価は改修時点以後の 25 年を評価対象とする。学校モデルの様々な手法を比較する上での基準ケースを表 3.33 に示す。

表 3.33 校舎モデルの基準ケース計算条件

地域	青森
普通教室窓面向き	A 面を南
断熱仕様	内断熱、断熱厚 30mm
ガラス	単層ガラス（明色ブラインド）
庇	なし
室温設定	20（暖房時）
空調方式	自動制御無し
換気方式	第 3 種換気
サッシ気密性能	気密機構無し
照明方式	一般型蛍光灯
共用部	空調無し

図 3.11 参照

基準ケースによる、一次エネルギー消費量の割合を図 3.40 に示す。暖房負荷計算における人体負荷は学校全体の人員数（1,040 人）が常に一定になるように室の使用スケジュールにあわせて人員を配置している。すなわち、授業が特別教室で行われている場合は、普通教室には人がいないと想定している。また、照明負荷に関しても同様に扱い、授業が特別教室で行われている間は、普通教室は照明を消す、と想定している。但し、体育館への人員の移動は見込んでいないため、体育館を利用して時間分、人体負荷・照明負荷は多めに見込まれている。次頁より各要素技術の検討結果を示し、最後に各要素技術の費用対効果を比較する。

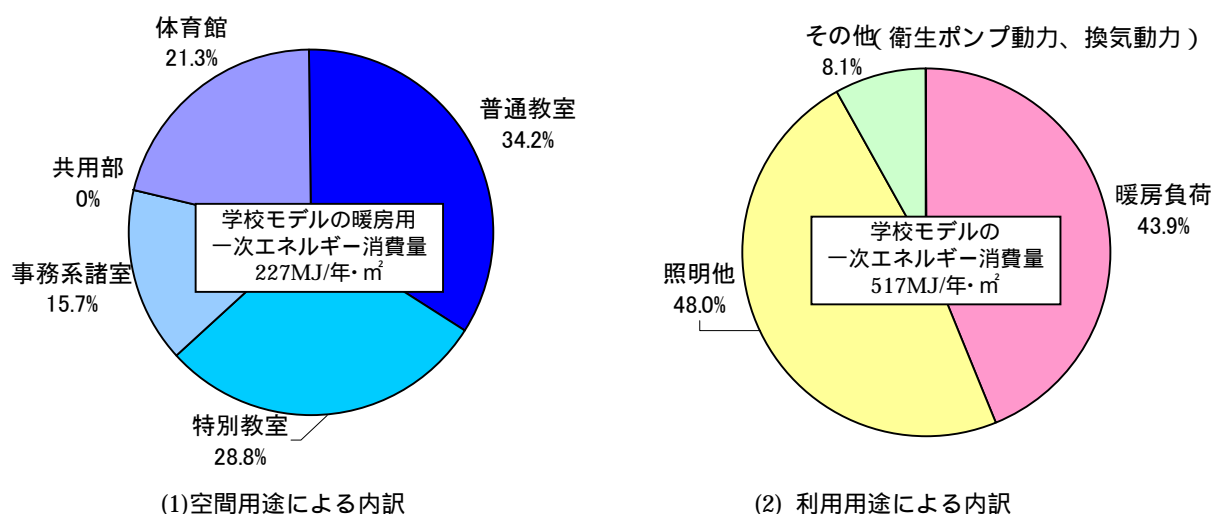
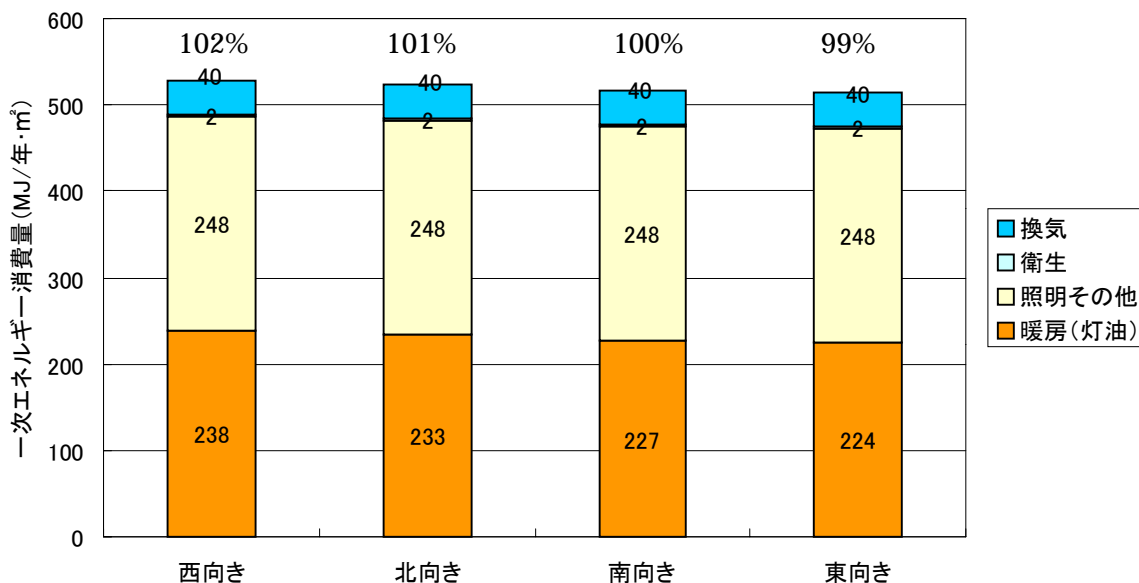


図 3.40 学校モデルの基準ケースにおける一次エネルギー消費量の内訳

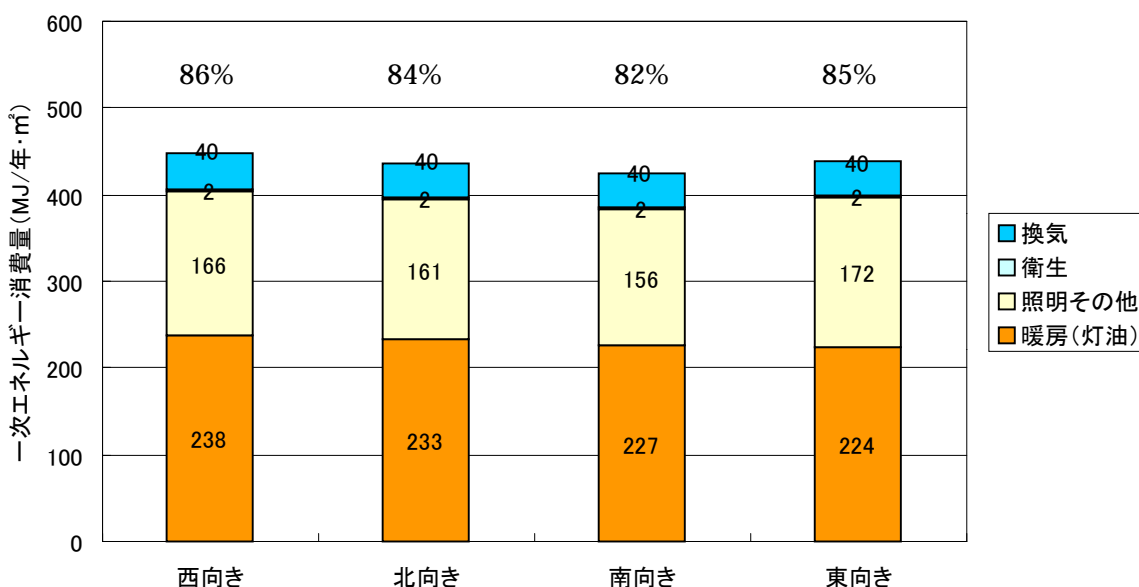
（熱源の燃料は灯油を想定する。）

一般的な学校施設では普通教室の窓面が南に面している場合が多い。建物向きによる暖房用エネルギーは普通教室が東側に面している場合で最も小さくなる。これは、暖房負荷の大きい朝方の時間帯に太陽光が東面に注ぐためと考えられる。校舎モデルでは、教室モデルの場合と違い建物外壁が常に四方に面しているため、建物方位による差異は小さい。

普通教室、特別教室、事務系諸室で昼光利用による調光制御を採用した場合は、建物向きによる一次エネルギー消費量の値に変化が生まれ、南向きの場合が最も有利になる。



1) 一次エネルギー消費量の比較



2) 昼光利用制御を行った場合 (調光なし南向きを基準)

図 3.41 方位による一次エネルギー消費量の比較

環境負荷低減のための建築仕様として、教室モデルにおける検討より代表的な組み合わせとして表 3. 34 の 6 TYPE を検討する。この TYPE に従った一次エネルギー消費量の推移を図 3. 42 に示す。

表 3. 34 建築仕様の TYPE

Type	環境負荷低減技術施行箇所	断熱仕様		窓仕様		サッシ気密性能		
		外壁断熱位置	厚 (外壁)	厚 (屋根)	窓材	厚さ	仕様	等級
X	1980 年水準	内断熱	25mm	40mm	単層透明	6mm	気密パッキン無し	
A	1990 年水準		30mm	50mm				
B	2000 年水準		50mm	75mm	複層透明	3+6+3mm	気密パッキン	
C	窓+断熱厚	外断熱	80mm	100mm				
D	窓+断熱仕様							
E	総対策							

Type X の断熱材はポリスチレン発泡板相当、Type A ~ E における断熱材は硬質ウレタンフォーム相当を想定している。

Type A (窓廻り改善)	Type B (断熱厚増)	Type C (内 外断熱)	Type D (断熱仕様増強)	Type E
-------------------	------------------	-------------------	--------------------	--------

Type E の場合、Type B の現行水準と比較して暖房エネルギーが 10% 低減される (1990 年相当水準と比較して 22%)。これを一次エネルギー消費量全体で見ると、4% (10%) 程度の低減効果となる。投資回収年数の観点から検討した場合、Type E は現行水準のある程度断熱性が高い Type B に対して 200 年を超える回収年数となる。一方、Type D は更に長い投資回収年数となっており、外断熱を行う場合は同時に断熱強化も徹底的に行う必要性が示されている。

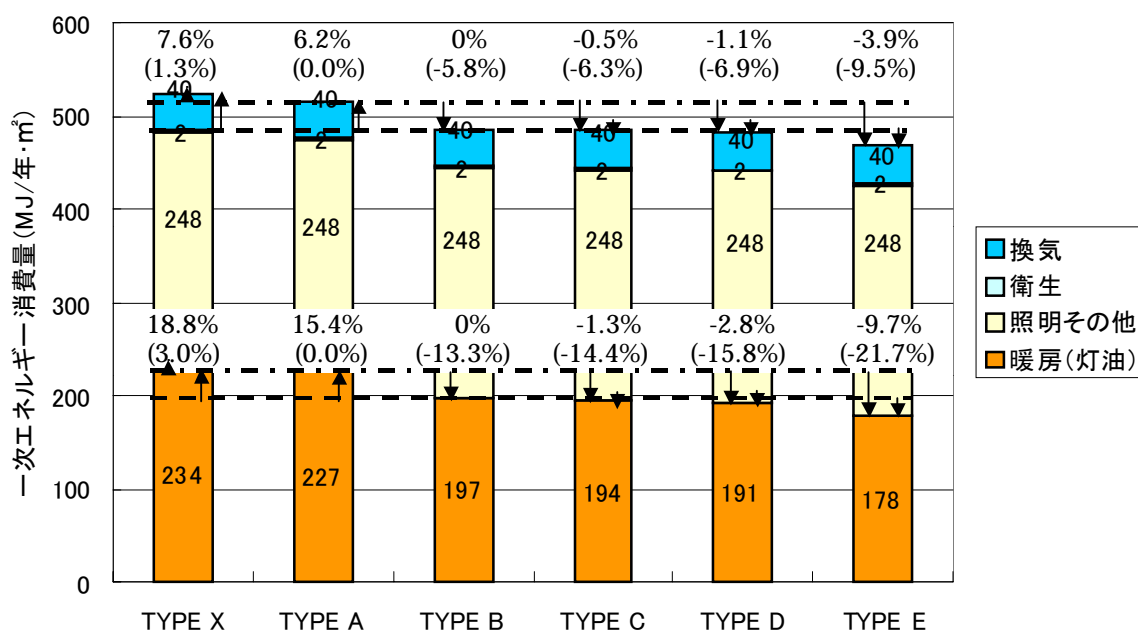


図 3. 42 建築仕様による一次エネルギー消費量の比較 (Type B)
(括弧内の数字は Type A との比較による低減率)

表 3.35 建築仕様による費用対効果（現行水準仕様[TYPE B]を基準）

項目	TYPE X	TYPE A	TYPE B	TYPE C	TYPE D	TYPE E	単位
年間暖房負荷	234	227	197	194	191	178	
建築イニシャルコスト差額	-29,412	-26,458	0	2,680	27,844	43,923	千円
設備イニシャルコスト差額	16,463	13,966	0	-2,153	-1,631	-11,079	千円
イニシャルコスト差額	-1,697	-1,637	0	69	3,436	4,305	円/㎡
イニシャルCO2増減量	-1	0	0	2	2	1	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	34	28	0	-2	-5	-18	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	3	2	0	0	0	-1	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	103	81	0	-15	124	69	円/年・㎡
LCCCO2増減量	2.7	2.3	0.0	-0.1	-0.3	-1.4	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	-	-	30	669	244	年
CO2回収年数	-	-	-	8.6	4.2	0.8	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	-	-	508	9,971	3,072	円/(kg-CO2/年)

表 3.36 建築仕様による費用対効果（1990年仕様[TYPE A]を基準）

項目	TYPE X	TYPE A	TYPE B	TYPE C	TYPE D	TYPE E	単位
建築イニシャルコスト差額	-2,955	0	26,458	29,138	54,302	70,381	千円
設備イニシャルコスト差額	2,497	0	-13,966	-16,119	-15,597	-25,045	千円
イニシャルコスト差額	-60	0	1,637	1,706	5,073	5,942	円/㎡
イニシャルCO2増減量	-0.3	0.0	0.3	1.9	1.9	1.5	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	6	0	-28	-30	-33	-46	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	0.5	0.0	-2.2	-2.3	-2.5	-3.5	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	22	0	-81	-96	43	-12	円/年・㎡
LCCCO2増減量	0.5	0.0	-2.3	-2.4	-2.6	-3.7	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	-	59	56	153	130	年
CO2回収年数	-	-	0.1	0.8	0.8	0.4	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	-	727	714	1,953	1,626	円/(kg-CO2/年)

参考表 各建築仕様イニシャルコスト単価

TYPE	断熱仕様		窓ガラス仕様		断熱強化による設備機器 (熱源+空調機)差額 (千円)
	仕様	外壁面積当り 単価(円/㎡)	仕様	窓面積当り 単価(円/㎡)	
X	内断熱 25t	1,380	単層ガラス	9,110	0
A	内断熱 30t	2,970	単層ガラス	9,110	2,497
B	内断熱 30t	2,970	複層ガラス	29,520	16,463
C	内断熱 50t	3,270	複層ガラス	29,520	18,616
D	外断熱 50t	3,270	複層ガラス	29,520	18,094
E	外断熱 80t	3,920	複層 Low-e	40,100	27,542

注1) 各単価は H9 青森西高校設計見積(一般教室棟、特別教室棟)及び 2002 年 3 月建設物価版を基に設定。

注2) 各単価は材工費共。

注3) 外断熱の場合は、ALC による外装仕上げと想定。

注4) LCC、LCCCO₂ 算出は建築寿命を 50 年と仮定して行っており、外断熱による長寿命化などの効果は見込んでいない。今後、新築もしくは改修される物件においては長寿命が設計テーマの大きな柱に掲げられる。このような場合、LCC、LCCCO₂、費用対効果の値などはその想定寿命年数により大きく変化することとなる。

注5) 断熱強化を行うと、それに伴い空調設備容量が低減し、設備工事費の減額が見込める。

校舎モデルの空調設備の自動制御の有無に関して検討する。自動制御の有無による一次エネルギー消費量の比較を図 3. 43 に示す。自動制御による無駄の削減により、暖房エネルギー消費量が 25%程度低減し、これに伴い校舎全体での一次エネルギー消費量が 11%程度削減される。

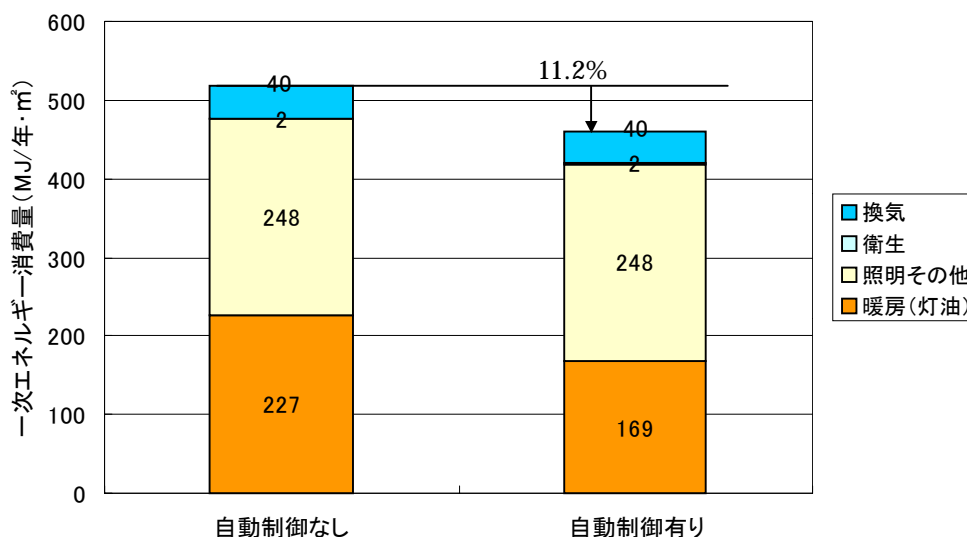


図 3. 43 自動制御の有無による一次エネルギー消費量の比較

表 3. 37 自動制御の有無による費用対効果

項目	自動制御なし	自動制御有り	単位
年間暖房負荷	227	169	MJ/年m ²
建築イニシャルコスト差額	0	0	千円
設備イニシャルコスト差額	0	11,290	千円
イニシャルコスト差額	0	1,480	円/m ²
イニシャルCO ₂ 増減量	0	5.2	kg-CO ₂ /m ²
ランニングコスト差額	0	-54	円/年・m ²
ランニングCO ₂ 増減量	0	-4.1	kg-CO ₂ /年・m ²
LCC差額	0	95	円/年・m ²
LCCO ₂ 増減量	0	-4.1	kg-CO ₂ /年・m ²
単純投資回収年数	-	28	年
CO ₂ 回収年数	-	1.3	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	359	円/(kg-CO ₂ /年)

参考表 自動制御設備イニシャルコスト直接工事費

項目	自動制御工事一式
金額(円/m ²)	1,480

注1) 自動制御工事費用は、H9 青森西高校設計見積(「一般教室棟、特別教室棟」及び「一般教室棟」)の空調設備自動制御工事費を基に設定。

換気方式の選択による一次エネルギー消費量の変化を検討する。普通教室などの人員密集空間においては、外気負荷の影響が非常に大きいため、普通教室、特別教室、事務系諸室に全熱交換器を設置することにより、暖房エネルギー消費量は35%低減し、一次エネルギー消費量は15.2%削減される。全熱交換器は、他の省エネ要素技術と比べて大きな効果の得られる技術である。

また、全熱交換器はその導入費用よりも、全熱交換器の効果による熱源設備工事費用の低減が大きく、イニシャルコストの差額はマイナスとなる。従って、投資回収年数は0年となる。

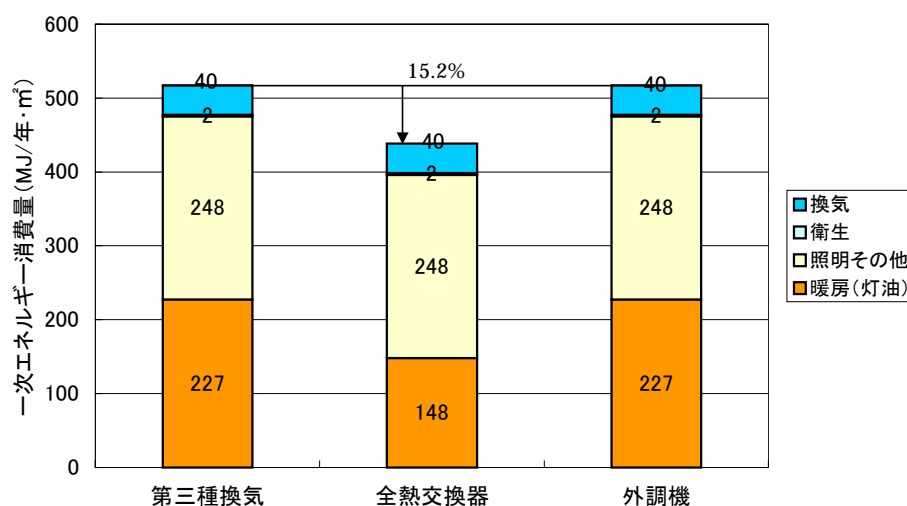


図 3.44 換気方式の選択による一次エネルギー消費量の比較

表 3.38 換気方式による費用対効果

項目	第三種換気	全熱交換器	単位
年間暖房負荷	227	148	MJ/年 m^2
建築イニシャルコスト差額	0	0	千円
設備イニシャルコスト差額	0	-18,093	千円
イニシャルコスト差額	0	-2,371	円/ m^2
イニシャルCO2増減量	0	5.2	kg-CO2/ m^2
ランニングコスト差額	0	-73	円/年 $\cdot m^2$
ランニングCO2増減量	0	-5.6	kg-CO2/年 $\cdot m^2$
LCC差額	0	-233	円/年 $\cdot m^2$
LCCCO2増減量	0	-5.9	kg-CO2/年 $\cdot m^2$
単純投資回収年数	-	-33	年
CO2回収年数	-	0.9	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	-400	円/(kg-CO2/年)

参考表 換気設備イニシャルコスト単価

換気方式	機器単価(円/台)	ダクト工事費(円/m)	空調設備低減分(千円/学校)
第3種機械換気	68,800	-	-
全熱交換器	422,000	4,980	-28,491

注 1) 単価は、H9 青森西高校設計見積(一般教室棟、特別教室棟)及び 2002 年 3 月建設物価版等を基に設定。

注 2) 全熱交換器は 2 室に対して 1 台の風量を想定している(25 台/学校、換気ファンは 51 台/学校)、ダクト工事は 1 室当たり 7m を想定(357m/学校)。

照明方式の選択による一次エネルギー消費量への寄与を比較する。ここでの比較は基準ケースとの比較を前提に青森市で校舎 A 面 (図 3. 11、普通教室窓面) が南向きの場合に関して検討する。

光センサーで初期照度補正及び昼光利用制御 (調光制御) を行うことによる一次エネルギー消費量の削減量は非常に大きく、Hf 型蛍光灯のみの場合と比較して 14% 程度の低減が図られる。投資回収年数は Hf 型蛍光灯の採用で 5.9 年程度、光センサーによる調光制御で 5.8 年となる。1kg-CO₂ を削減するのに必要な投資額は、光センサーによる調光制御の導入で 301 円と低い価格になっている。

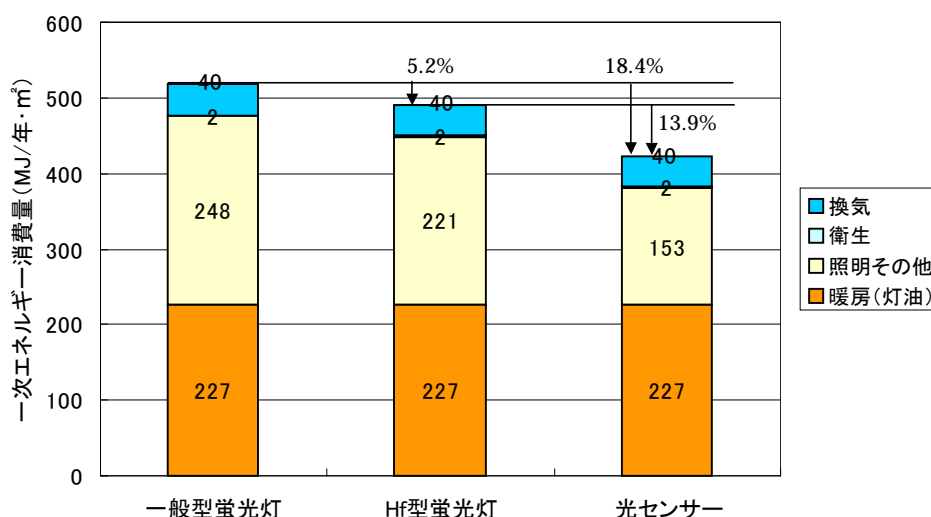


図 3. 45 照明方式の選択による一次エネルギー消費量の比較

光センサー、昼光利用制御は教室・事務系諸室のみを対象としている。

表 3. 39 照明方式による費用対効果

項目	一般型蛍光灯	Hf型蛍光灯	光センサーによる調光 (初期照度補正及び 昼光利用制御)	単位
照明1次エネルギー消費量	248	221	153	MJ/年㎡
建築イニシャルコスト差額	0	0	0	千円
設備イニシャルコスト差額	0	3,277	7,255	千円
イニシャルコスト差額	0	429	951	円/㎡
イニシャルCO ₂ 増減量	0	0.0	0.8	kg-CO ₂ /㎡
ランニングコスト差額	0	-73	-163	円/年・㎡
ランニングCO ₂ 増減量	0	-0.9	-3.3	kg-CO ₂ /年・㎡
LCC差額	0	12	25	円/年・㎡
LCCO ₂ 増減量	0	-0.9	-3.2	kg-CO ₂ /年・㎡
単純投資回収年数	-	5.9	5.8	年
CO ₂ 回収年数	-	0.0	0.2	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	457	301	円/(kg-CO ₂ /年)

器具の種類による初期建築に伴う CO₂ の増分はないとしている。

参考表 照明設備イニシャルコスト単価

照明器具方式	機器単価	備考
一般型蛍光灯	21,850(円/台)	
Hf 型蛍光灯	25,500(円/台)	
光センサー式	725(円/㎡)	

注 1) 照明器具単価は、H9 青森西高校設計見積(一般教室棟、特別教室棟)及び 2002 年 3 月建設物価版等を基に設定。

現在の太陽光発電システムの発電コストは電力会社からの買電コストよりも依然高く、経済性の側面からのみ評価すると、導入が見送られる場合もある。一方、太陽光発電にはそれ以外の多様な効果があり、どのような目的において導入するのかを明確にし、用途に応じたシステムの提案、規模、その評価などを行うことが重要となる。太陽光発電には大きく分けて3つのシステムがある(表3.40)。最も一般的なシステムは連系形標準型逆潮流有りシステムであるが、防災対策であれば蓄電池併用システムなどが求められる。環境負荷低減効果を考える場合は、その導入される地域、規模などを検討する必要がある。ここでは地域、規模による導入の費用対効果の検討例を示す。

(太陽光発電システムの効果)

- 1) 環境保全効果 CO₂ 排出量削減効果
- 2) 省エネルギー効果 エネルギーの創出、分散化
- 3) ピークカット 電力負荷の平準化
- 4) 防災 災害時の電力供給
- 5) 教育啓発 一般への環境保全の啓発効果、教育的

表 3.40 太陽光発電システムの種類

種類	システム	システム図	備考
連系形	標準型 (自立運転 切換なし)		逆潮流有りが最も一般的なシステム。
	防災型 (自立運転 切換あり)		停電時に連系を自立に切換て、特定負荷に蓄電池から電力供給する。
独立形			商用電力系統と連系しない。発電の不安定さを補うために蓄電池を用いるのが一般的。

1) 地域による発電量

ここでは、以下の仕様の太陽光発電システムを導入した場合の各地域における発電量をそれぞれ示し、青森市を対象に蓄電池の有無による費用対効果の差を算出する。年間発電量は日射取得量で決まり図 3.46 のように地域により変化する。

- ・設置条件 : 南向き、建物屋上、傾斜角度 30°、周辺建物による影の影響なし
- ・太陽電池パネル : 結晶系シリコン太陽電池セル、15 直列×10 並列 (モジュールサイズ 1,000×1,500 (mm)、最大出力 140W)、総出力 20kW 相当 (パネル全体サイズは 180 m²と仮定)
- ・計算ケース : 蓄電池無し、蓄電池 1 時間、蓄電池 8 時間

青森県各地における発電量に大きな差は見られないが、晴天日の多い太平洋側である八戸と雪の多い内陸側の酸ヶ湯では年間発電量に3割程度の差がみられる。

表 3. 41 に、青森市を対象に蓄電池の規模による導入の費用対効果を算定した例を示す。

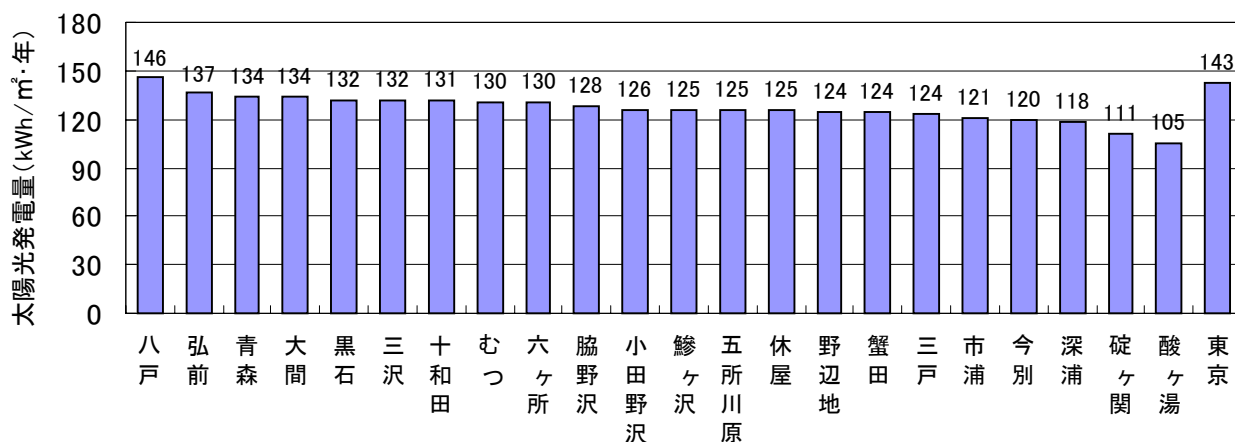


図 3. 46 太陽光発電量

表 3. 41 太陽光発電の費用対効果（定格出力 20kW、蓄電池の有無、青森の例を示す）

項目	太陽光発電なし	太陽光発電蓄電池0H	太陽光発電蓄電池1H	太陽光発電蓄電池8H	単位
建築インシヤルコスト差額	0	0	0	0	千円
設備インシヤルコスト差額	0	40,000	43,543	57,715	千円
インシヤルコスト差額	0	5,242	5,707	7,564	円/m ²
インシヤルCO2増減量	0	1.9	2.9	6.7	kg-CO2/m ²
ランニングコスト差額	0	-42.7	-42.7	-42.7	円/年・m ²
ランニングCO2増減量	0	-1.1	-1.1	-1.1	kg-CO2/年・m ²
LCC差額	0	482.6	529.7	718.2	円/年・m ²
LCCCO2増減量	0	-0.9	-0.8	-0.5	kg-CO2/年・m ²
単純投資回収年数	-	123	134	177	年
CO2回収年数	-	1.7	2.6	5.9	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	5,587	6,843	16,558	円/(kg-CO2/年)

補助金なしの想定でコスト計算をしている。

2) 導入規模による検討

火力発電所などは、規模が大きくなる程に発電量のみならず発電効率が向上するスケールメリットがあるといわれるが、太陽光発電の場合は太陽電池の面積で発電量が変化するものの、発電効率自体は変化しない。但し、生産コストにスケールメリットの効果が反映され、費用対効果は規模により下がる傾向となる。ここでは、「太陽光発電導入ガイドブック(新エネルギー・産業技術総合開発機構) 2000年改訂版」の導入コスト例を参考に、10kW、20kW、50kW、100kWと導入規模を変化させた場合の費用対効果を比較する。

表 3. 42 より、導入規模が大きくなるにつれ、インシヤルコストの導入規模に対する割合が下がり、50kW 規模以上では投資回収年数が 100 年を下回る。

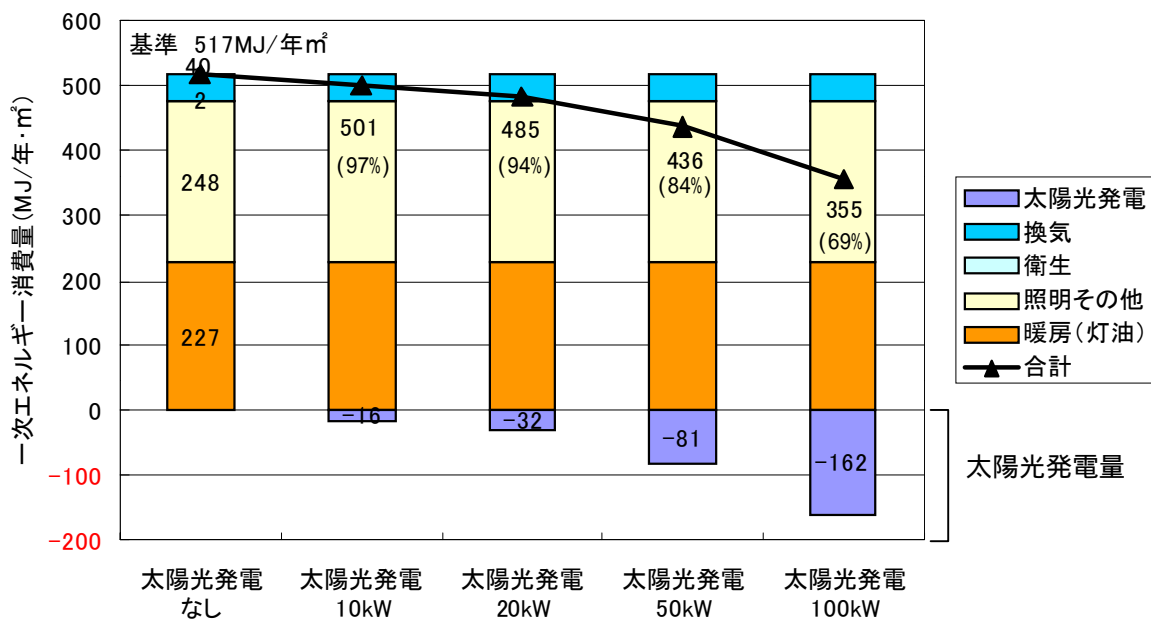


図 3.47 太陽光発電の規模による一次エネルギー消費量の比較

表 3.42 太陽光発電の費用対効果 (導入規模、蓄電池無し、青森の例を示す)

項目	太陽光発電なし	太陽光発電10kW	太陽光発電20kW	太陽光発電50kW	太陽光発電100kW	単位
太陽光パネル面積	0	90	180	450	900	m ²
年間発電量	0	12	24	60	121	MWh/年
建築イニシャルコスト差額	0	0	0	0	0	千円
設備イニシャルコスト差額	0	21,400	40,000	80,000	134,000	千円
イニシャルコスト差額	0	2,805	5,242	10,485	17,562	円/m ²
イニシャルCO2増減量	0	0.9	1.9	4.7	9.5	kg-CO2/m ²
ランニングコスト差額	0	-21.4	-42.7	-106.8	-213.6	円/年·m ²
ランニングCO2増減量	0	-0.6	-1.1	-2.8	-5.6	kg-CO2/年·m ²
LCC差額	0	259.7	482.6	943.8	1546.2	円/年·m ²
LCCCO2増減量	0	-0.5	-0.9	-2.3	-4.7	kg-CO2/年·m ²
単純投資回収年数	-	131	123	98	82	年
CO2回収年数	-	1.7	1.7	1.7	1.7	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	5,978	5,587	4,470	3,744	円/(kg-CO2/年)

これまで個別に検証を行った技術要素別の 1kg-CO₂ 削減に必要な投資額をコスト順に整理した一覧を図 3.48 に示す。

空調設備における対策として、全熱交換器は初期建設時にコスト回収が済んでしまうなど、非常に効率的な手法である。また、同様に照明設備における各種対策も十分に効率的な手法である。

一方、断熱・窓ガラス仕様強化を行う建築仕様の対策では、1kg-CO₂ 削減するため 714～1,953 円/年の投資額を要するが、太陽光発電設備導入に比べると効率的に CO₂ 削減が可能である。学校施設整備計画の運用にもよるが、エネルギーをかけずに学校の温熱環境をより改善するためには、新築時の断熱強化、外装等の断熱改修等の対策適用が望まれる。

表 3.43 各対策の費用対効果

要素技術	1(kg-CO ₂ /年)削減に必要な投資額 (円/(kg-CO ₂ /年))	投資回収年数 (年)	CO ₂ 回収年数 (年)
複層ガラス (TYPE B) 1	727	59	0.1
断熱厚増強 (TYPE C) 1	714	56	0.8
外断熱 (TYPE D) 1	1,953	153	0.8
断熱強化 (TYPE E) 1	1,626	130	0.4
自動制御	359	28	1.3
全熱交換器	-400	-33	-0.9
Hf型蛍光灯	457	6	0
光センサーによる調光制御 2	301	6	0.2
太陽光発電(20kW) + 蓄電池無し	5,587	123	1.7
太陽光発電(20kW) + 蓄電池 1h 分	6,843	134	2.6
太陽光発電(20kW) + 蓄電池 8h 分	16,558	177	5.9

1 断熱仕様の費用対効果は 1990 年水準相当 (Type A) との比較で示している。

2 光センサーによる調光制御とは初期照度補正と昼光利用制御を含む。

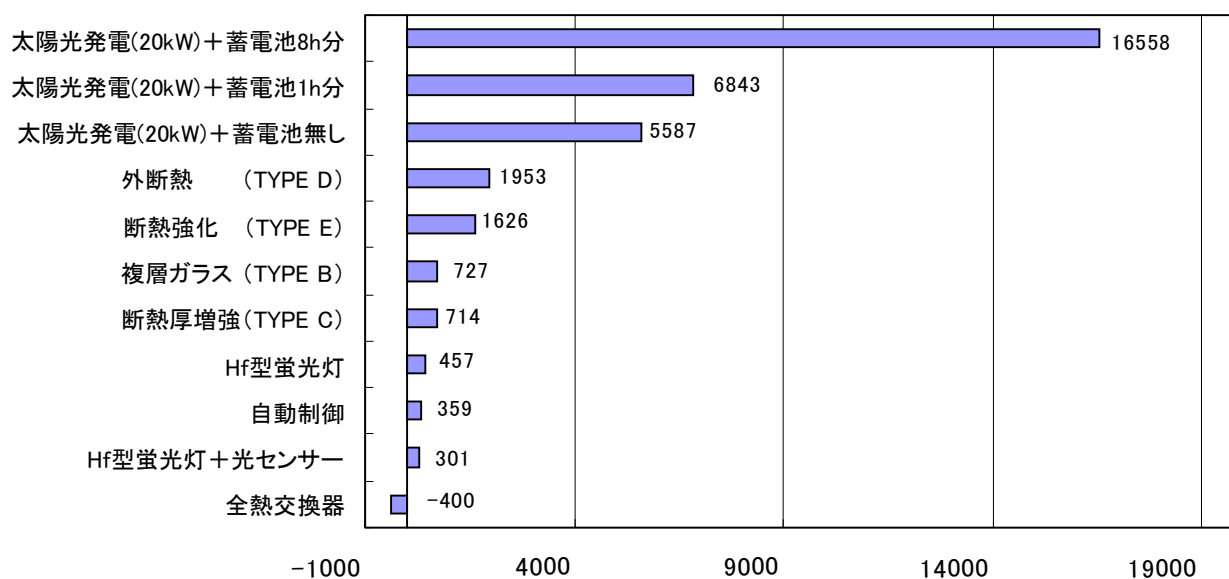


図 3.48 各対策の 1(kg-CO₂/年)削減に必要な投資額 (円/(kg-CO₂/年))

図 3.48 では一律に CO₂ 削減の年間投資額を算定しているが、各対策手法により耐用年数に違いがあることを考慮すると、寿命が相対的に短い (15～20 年) 設備機器と建築対策との差は縮まる傾向となる。

3.4.3 体育館モデルによる温熱環境とエネルギー消費量の検討

学校施設の体育館を体育の授業で使用する場合、一般的に暖房されない事が多い。一方、暖房される場合の設定温度は 10～15 程度に設定される場合が多い。

現状の断熱水準で体育館の暖房を行った場合、床面積が学校全体の 11%程度であるにもかかわらず、暖房に要するエネルギーは 21%程度と大きく、学校全体の環境負荷低減を図る場合、体育館の対策もあわせて行うことが必須である。使用頻度が低いにもかかわらず、暖房エネルギーが大きい理由は、床面積に対して空間容積が大きいことや、断熱対策・気密対策が校舎に比べて遅れていること等が考えられる。ここでは断熱性能、気密性能の改善による体育館の暖房エネルギー消費量低減対策と、暖房方式の検討による温熱環境の改善対策に関して検討する。

(1) エネルギー消費量の算定

図 3. 12 に示した体育館モデルを対象とし、設定温度、断熱仕様、室内の気密性を変えた場合の暖房負荷の変化を検討する。検討ケースを表 3. 44 に、青森市における結果を図 3. 49 に示す。「設定温度を 15 10 にした場合」と「建築仕様を改善した場合」のどちらの場合でも暖房負荷を 50%程度低減させる効果がある。

表 3. 44 体育館モデルにおける年間暖房負荷の算定ケース

Case No	設定温度	断熱仕様 + 気密性
Case 1	15	断熱なし、すきま風 2 回/h
Case 2	10	
Case 3	15	断熱厚さ 100mm、すきま風 1 回/h
Case 4	10	

断熱材はグラスウール (24K)

計算条件： 使用時間 - 9～16 時 (昼休みはなし)
 使用人数 - 82 人 (2 クラス同時と仮定) ダンス程度の活動量を想定
 照明発熱 - 7.0W/m²

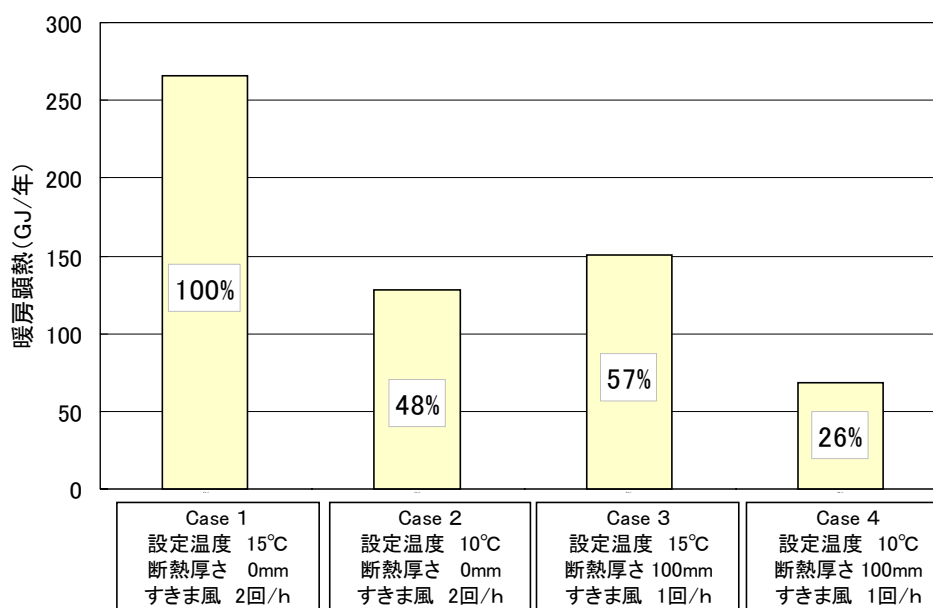


図 3. 49 体育館の年間暖房負荷 (暖房期間：10月～4月)

また、この暖房負荷の低減効果の一次エネルギー消費量削減への寄与を検討した。学校全体の暖房エネルギー消費量における体育館の割合は15%の温度設定条件で21%である（Case 1）。熱損失低減対策 Case 4 を施した場合、体育館自体の暖房エネルギーは約75%低減し、学校全体の暖房エネルギーは16%程度低減する。これは学校全体の一次エネルギー消費量に対して7%の低減であり、大きな効果が期待できる。但し、体育館は天井が高い空間であり、利用者が滞在する居住域が効率的に暖房されているかどうかを検討する必要がある。次節に、暖房器具の差異による温熱環境の変化に関して検討する。

一方、照明エネルギー・コンセント電力消費量に占める体育館の割合は3%程度と小さい。

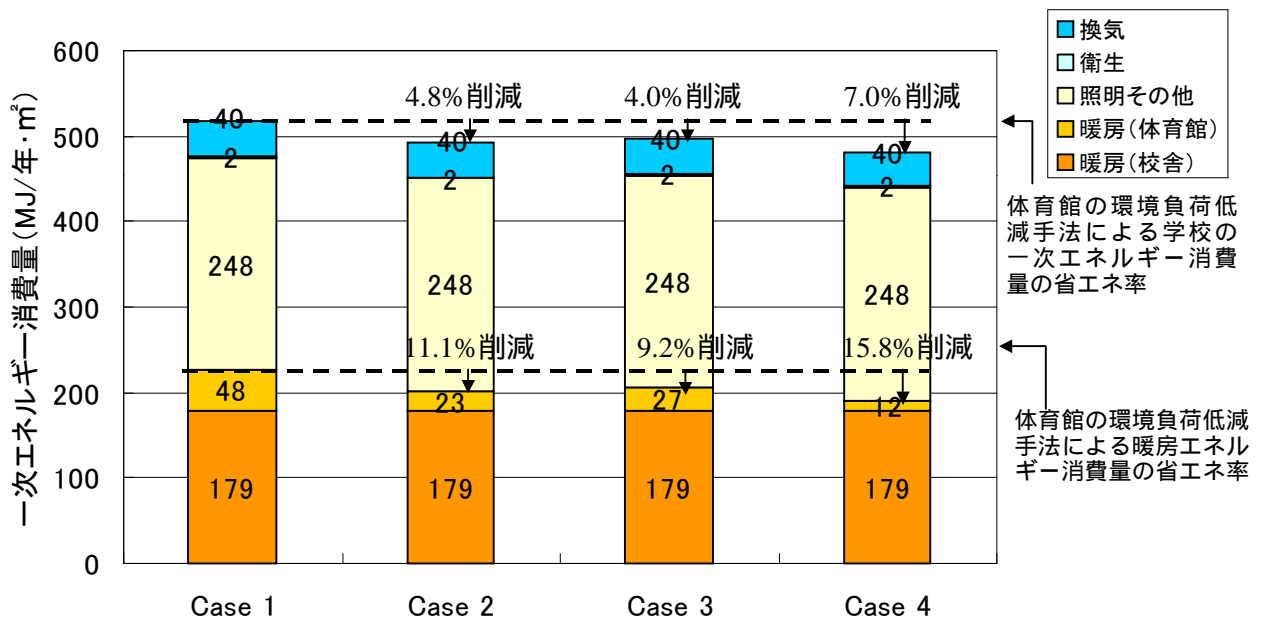


図 3.50 校舎全体に対する体育館の一次エネルギー消費量の割合

(2) 温熱環境解析

(1) のエネルギー消費量の算定より、体育館の建築仕様や空調の運用方法を改善することによりエネルギー消費量の削減が図れることが示された。一方、体育館のような大空間は、上下温度分布が形成され易く、空調機器の設置場所が限られるなど室内環境が不均一になりやすい。このような不均一空間では完全混合状態を仮定した一般の熱負荷計算方法が適正とは言い切れず、室内に投入した熱が空調対象領域（居住域：大空間の内の人体が存在する領域）を効率よく暖めているかどうかを検討することが大事である。空気を混合しない空調ではパネルヒーターなどが居住域の人体を効率的に暖房する手法として考えられる。ここでは CFD(数値流体力学: Computational Fluid Dynamics) 三次元計算により以下の条件設定のもと、表 3. 45 の 3 タイプに関して検討を行う。なお、ここでは検討対象としていないが、均質な温熱環境を得るためにはパネルヒーターに床暖房を併設するシステムなども検討されるべきである。

- (計算条件) ・ 形状 : 尾上総合高校第一体育館を参考にモデル化 (図 3. 51)
- ・ 気象条件 : 外気温の低い冬期の曇天日を想定 (定常計算)
 - ・ 外気温 : -5 (青森における 1 月の日最低気温平年値)
 - ・ 暖房出力 : 尾上総合高校の暖房設備容量から 69,600W と想定。

スケジュールにそった全負荷相当時間 (1,172 時間) から年間暖房負荷を算出すると、294(GJ/年)となる。この値は図 3. 49 の Case 1 とよく対応している。

表 3. 45 体育館モデルにおける計算ケース

	暖房器具	台数	総出力	吐出風速	風量	断熱材	隙間風
Type 1	ジェットヒーター	2	69,600W	4.0m/s	4,000m ³ /h	-	2 回/h
Type 2						G.W:100mm	1 回/h
Type 3	パネルヒーター	8	69,600W	-	-	G.W:100mm	1 回/h

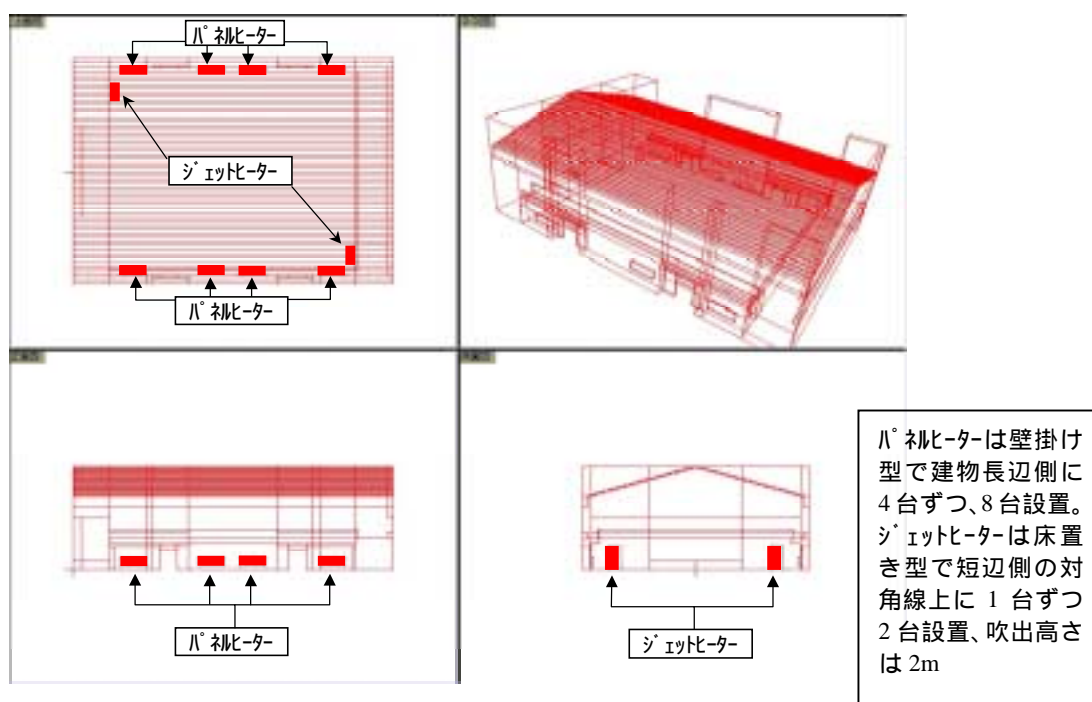
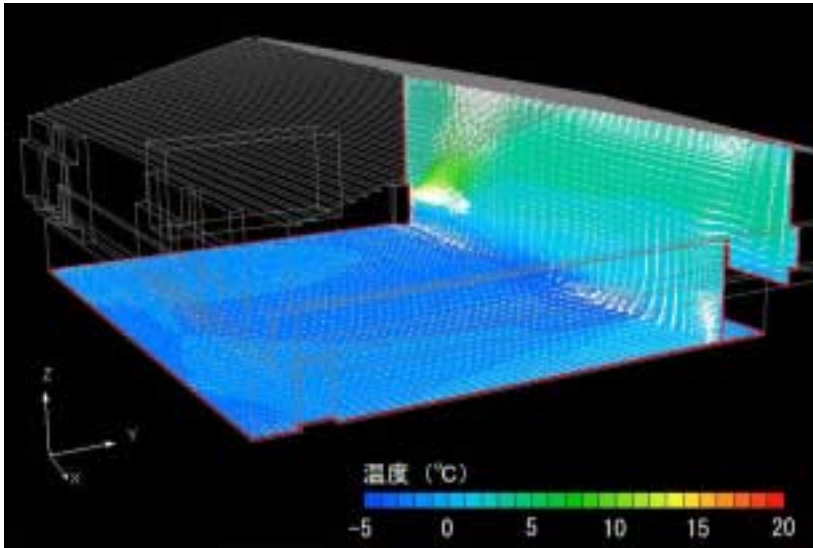


図 3. 51 体育館モデル外観

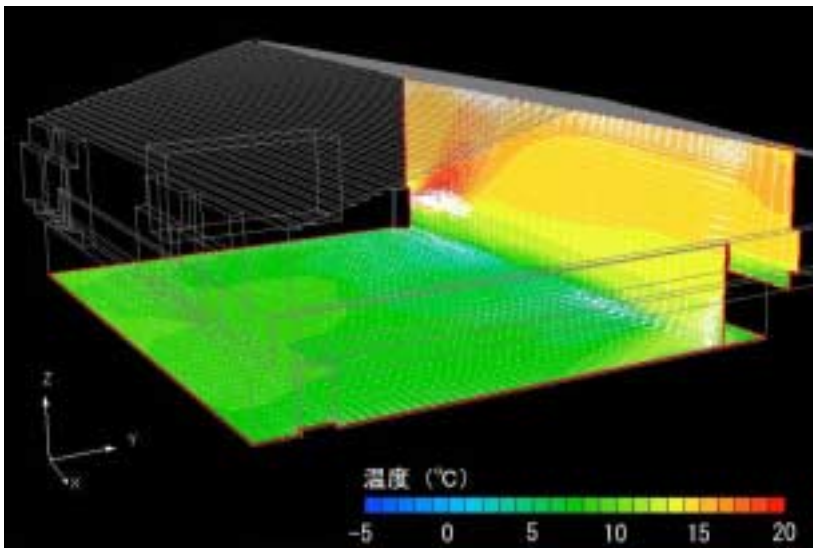
(3) 計算結果(風速ベクトル、温度分布)



体育館内に侵入するすきま風の影響で、居住域温度は氷点下近くなる。

ジェットバーナーからの温風も温度差による浮力の影響で、吹き出してすぐさま空間上部へと流れる。

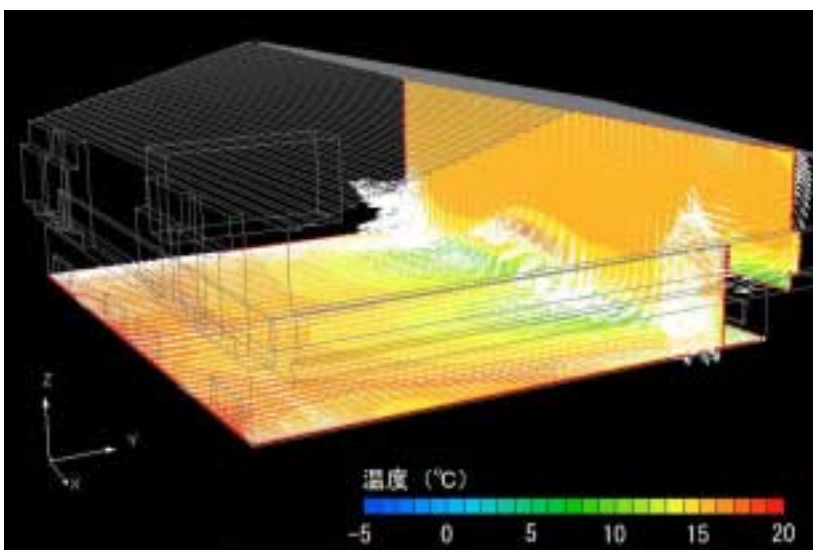
Type 1



すきま風が半分になることで、Type 1と比較して、良好な温熱環境が形成される。

しかし、ジェットバーナーからの温風はやはり空間上部へと流れるため、体育館内の上下温度分布が顕著となる。居住域温度は5~10程度となり、余り効率的な運用ではない。

Type 2



放射の特徴である均等分配の効果により、居住域の温度も15以上となり、きわめて良好な温熱環境となる。

一部、すきま風の流入する箇所においてコールドドラフトが顕著となるが、全体としては気流感のない均質な空間となる。

Type 3

図 3.52 体育館モデルにおけるシミュレーション結果(温度分布、風速ベクトル)

第4章 庁舎に関わる事項

4.1 環境負荷低減手法選択シート（庁舎版）全体構成

第3章では「学校に関わる事項」に関しての検討を行ったが、第4章では庁舎を対象にした検討を行う。庁舎の計画にあたり、具体的にどのような環境負荷低減手法を採用することが最適であるかを簡易に評価できるツールとして「環境負荷低減手法選択シート（庁舎版）」（以下、「庁舎版選択シート」という。）をとりまとめる。庁舎では今後、冷房設備の採用が検討される場面も増えるため、「学校版」では温水ボイラーによる温水供給に限っていた熱源方式、ファンコンベクターに限っていた空調設備に多様性を持たせ、様々な空調システムの採用検討が行える仕様としている。

（1）庁舎版選択シート

庁舎版選択シートは環境負荷低減手法の採用による、建物のエネルギー消費量低減効果、費用対効果を LCC、LCCO₂ を指標として簡易に評価することを可能とする。庁舎版選択シートは Microsoft Excel をベースに作成している。基本的な流れは「学校版選択シート」と同じであるが、内容は全て庁舎モデルの計画に対応したものとなっている。

図 4.1 に基本となる「選択シート O_Case 1.xls」の構成を示す。

各シートの入力項目に関しては、本編「4.2.1 入力シート」で解説する。また、本編「4.2.2 出力シート」にて出力される指標の説明とその算出方法について解説する。また、詳細な利用方法は「参考資料4 - 環境負荷低減手法選択シート（庁舎版）」で、選択シート内にコメントを付すことで解説する。

（2）複数の評価結果の比較

本ツールは全部で3つのファイルから構成されている。ファイル構成は図 4.2 の通りで、「選択シート O_Case 1.xls」、「選択シート O_Case 2.xls」の二つで異なる計画を試行し、それらの差異を「比較 O.xls」で抽出することにより、両計画の指標の定量的な差異や費用対効果を分析することができる。

- (1) 選択シート O_Case 1.xls （最も基本となるシート、単体でも評価ツールになる）
- (2) 選択シート O_Case 2.xls （(1)と同じ内容。Case1 と異なる計画を同時に評価する）
- (3) 比較 O.xls （(1)と(2)の違いを抽出・分析する）

「選択シート O_Case 1.xls」で標準的な組み合わせを作成し、「選択シート O_Case 2.xls」で環境負荷低減対策を施した組み合わせを試行。Case 1 と Case 2 の差異を「比較 O.xls」に表示し、その費用対効果などを検証する、というような使い方が可能である。

また、この3つのファイルは入出力が相互にリンクしているため、利用する際は同一フォルダー内に格納されている必要がある。ツール内のリンクは相対パス（位置関係）なので、同一フォルダー内であれば、ハードディスク上のどこに格納しても構わない。

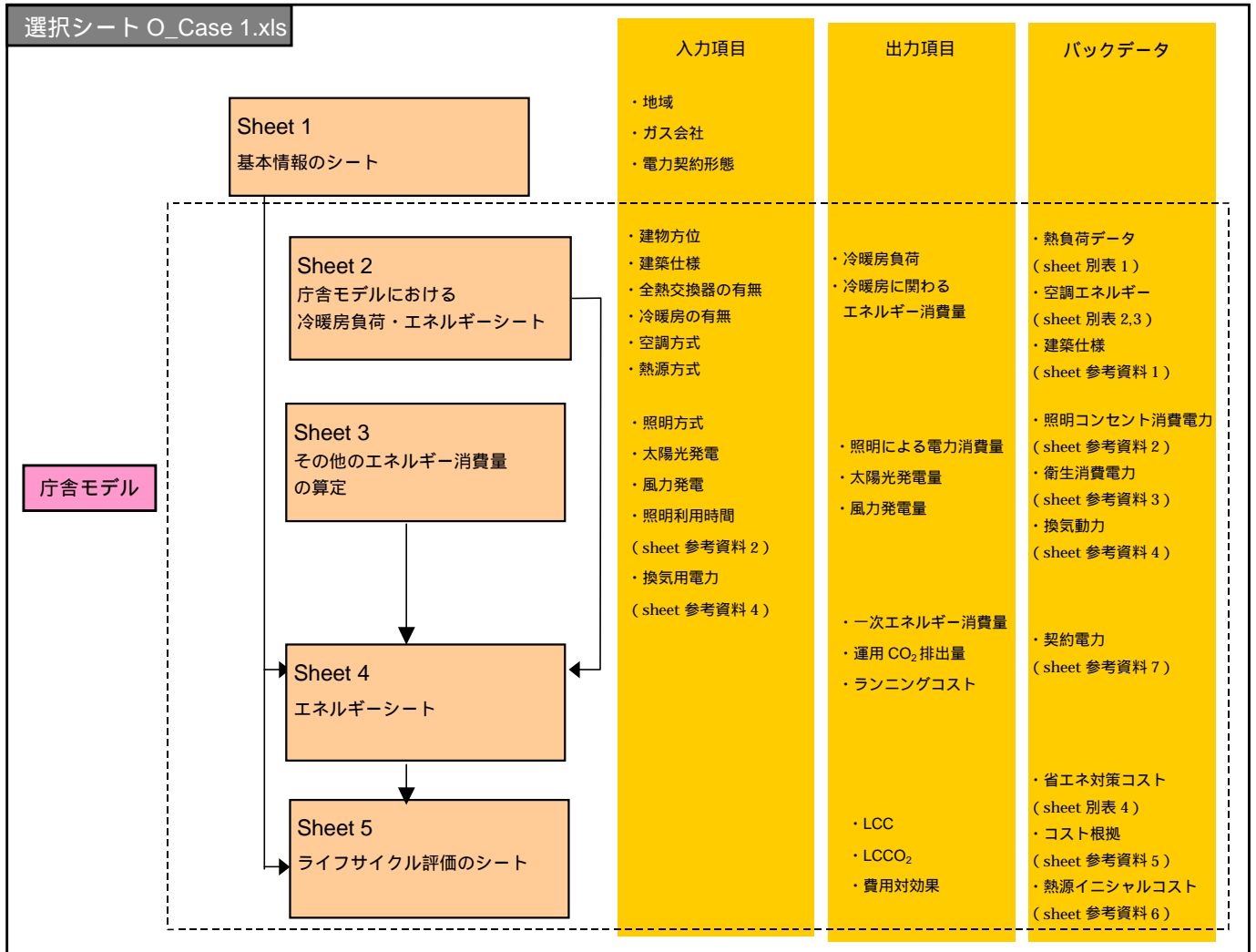


図 4.1 環境負荷低減手法選択シート（倉舎版）の構成

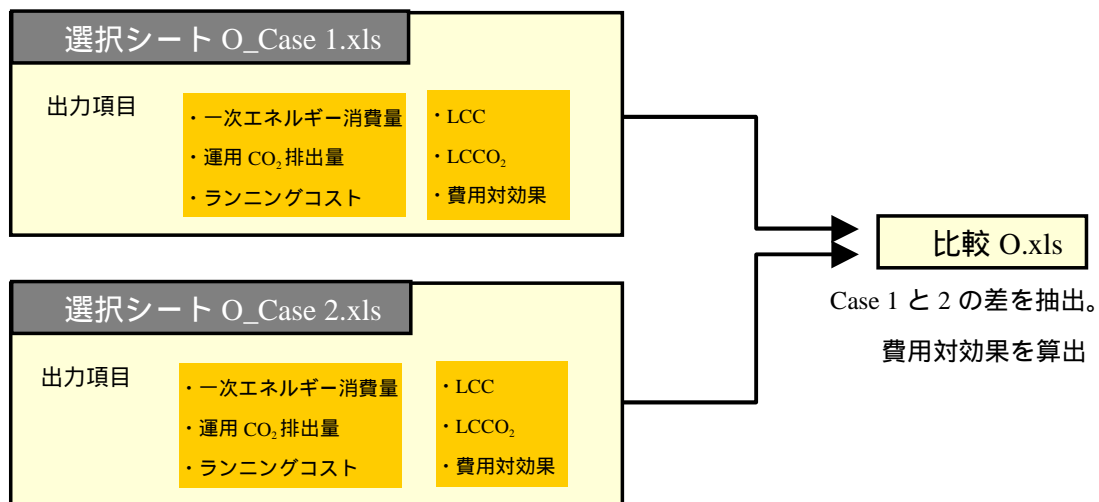




図 4.2 環境負荷低減手法選択シート（倉舎版）のファイル構成

4.2 選択シートの構成

4.2.1 入力シート

選択シート内のセルは3色に色分けされている。それぞれの色と意味を下記に示す。

 (白) …… プルダウンメニューのあるセル。各項目のメニューから計画に沿うメニューを選択する。

 (橙) …… 数値の更新が可能なセル。物価や原単位など、随時変更が必要な値の更新を可能とする。

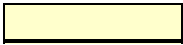
 (黄) …… 作業の必要がないセル。ロックをかけている。

表 4.1 に庁舎版選択シート内で、ユーザーがプルダウンメニューから入力作業を行う項目の一覧を示す。庁舎版選択シート内の対応するセルにはプルダウンメニューが設定されており、ユーザーはプルダウンメニューの選択肢の中から自分が採用する項目を選択する。

以下に庁舎版選択シートの構成順に、表 4.1 の項目に関して、選択の判断基準となる説明を加える。各選択項目の選択肢は全ての可能性を網羅したものではないため、選びたい選択肢がシートに含まれていない場合は、便宜上、効果が同等と見なせる選択肢を選ぶこととする。

表 4.1 庁舎モデルにおける省エネ対策要素

技術要素		選 択 肢	作業場所
1	地域	青森、弘前、八戸、むつ	Sheet 1 (1.1)
2	ガス会社	各ガス会社	Sheet 1 (1.2)
3	電力契約形態	業務用一般、業務用 〃、業務用一般季時別、業務用 〃季時別	Sheet 1 (1.3)
4	建物方位	東、西、南、北	Sheet 2 (2.1)
5	建築仕様	Type0 ~ 5	Sheet 2 (2.2)
6	全熱交換器	無し、有り	Sheet 2 (2.2)
7	空調方式	System0 ~ 4	Sheet 2 (2.4)
8	熱源方式	温水ボイラー、吸収式冷温水機 (油、ガス焚き) 空気熱源ヒートポンプ型、氷蓄熱ユニット (空気熱源ヒートポンプ型 + 氷蓄熱槽)	Sheet 2 (2.4)
9	照明方式	一般型蛍光灯、Hf 型蛍光灯、初期照明補正及び昼光利用制御	Sheet 3 (3.1)
10	太陽光発電	なし、定格出力、蓄電池の有無	Sheet 3 (3.4)
11	風力発電	なし、台数	Sheet 3 (3.4)

(1) 基本情報シート (sheet 1)

建設地、当該建物で使用されるエネルギー（燃料）の種類を選択し、一次エネルギー消費量の原単位と、CO₂排出量の原単位を決定する。それぞれの原単位は随時変更されるものであるため、利用者が原単位を実勢に即して変更することができる。以下に、基本情報シートで選択の必要な項目について解説する。

1) 地域

本選択シートでは表 4.2 に示した 4 地域におけるシミュレーション結果を保有している。計画地域と最も近い、もしくは気候が類似している地域をここでは選択する。

表 4.2 地域の選択肢

選択項目	選択肢	備考
地 域	青森	計画地域が青森もしくは青森近隣の場合に選択
	弘前	計画地域が弘前もしくは青森西部地域の場合に選択
	八戸	計画地域が八戸もしくは太平洋側の地域の場合に選択
	むつ	計画地域がむつを含む下北半島の場合に選択

2) 工事種別

庁舎版選択シートの対象となる計画が「新築工事」なのか「改修工事」なのかを選択する。基本的にエネルギーや燃料を取り扱う部分では、新築工事、改修工事の別はない。但し、コストを扱う場合には、改修工事ならば解体・撤去費用も勘案するなどの差異が生じる。ライフサイクル評価を行う場合には、評価時点からの残存寿命が新築、改修で大きく異なる。基本情報のシートで、「新築」・「改修」を選択することにより、本シートの以降の計算は全て工事種別を考慮した計算となる。

表 4.3 工事種別の選択肢

選択項目	選択肢	備考
工事種別	新築	評価対象の計画が新築工事である場合に選択する。
	改修	評価対象の計画が改修工事である場合に選択する。

3) ガス会社

ガスを利用する場合は、計画地域にガスを供給しているガス会社を選択する。本選択シートでは青森県内に都市ガスを供給している主要なガス会社として、表 4.4 に示した 5 つのガス会社のデータを組み込んでいるが、青森県のガス会社は供給エリアが狭く、発熱量が高いガス（13A、12A など）を供給している会社は少ない。一次エネルギー消費量の原単位は 5 つの会社で同じ値を用いているが、料金は各会社の時価を反映する。

表 4.4 ガス会社の選択肢

選択項目	選択肢	備考
ガス会社	青森ガス	4C、青森市内の一部地域に供給
	弘前ガス	6C、弘前市内の一部地域に供給
	八戸ガス	L3、八戸市内の一部地域に供給
	十和田ガス	6A、十和田地域の一部に供給
	五所川原ガス	13A、五所川原市内の一部に供給

3) 電力契約形態

計画建物での電力契約形態を選択する。ここでは東北電力株式会社を想定し、契約形態の種類を選定している。庁舎の電力利用計画を勘案した上で最適な契約形態を選択する。

表 4.5 電力契約形態の選択肢

選択項目	選択肢	備考
電力契約形態	業務用一般	高圧で電気の供給を受けて、電灯もしくは小型機器を使用する一般的な契約形態。
	業務用	一般型よりも基本料金が高く、従量料金が安い契約形態。契約には一定の条件がある。
	業務用一般季時	ピーク時間から夜間や日曜・祝日などに負荷を移行するほど、電気料金が得になる契約形態である。業務用一般に時間による重み付けを設けている。
	業務用 季時	ピーク時間から夜間や日曜・祝日などに負荷を移行するほど、電気料金が得になる契約形態である。業務用 に時間による重み付けを設けている。

(2) 庁舎モデルにおける冷暖房負荷・エネルギー (sheet 2)

当該建物の冷暖房負荷、冷暖房用途のエネルギー消費量に関わる要素を選択し、計画建物で利用される熱源容量、冷暖房エネルギーの年間消費量を算出する。この算出結果は予め行われた計算結果のデータベース(別表1として格納)から読み出される。算出にあたり選択する要素項目について以下に解説する。

1) 窓面(建物)方位

建物の立地条件を選択する。庁舎モデルは図4.4の平面図に示す中廊下を挟んで上下に執務室がある計画となっており、中廊下の下側の執務室窓面がどちらの方位を向いているのかをここで選択する。

表 4.6 窓面方位の選択肢

選択項目	選択肢	備考
窓面方位	東	主要な執務室の窓面が東向きの場合に選択
	西	主要な執務室の窓面が西向きの場合に選択
	南	主要な執務室の窓面が南向きの場合に選択
	北	主要な執務室の窓面が北向きの場合に選択

2) 建築仕様

ここで選択する建築仕様は外壁・屋根の断熱厚さ、窓ガラスの種類、窓サッシの気密性の3つであり、それぞれは単独の項目ではなく、グレードのバランスを考えた組み合わせとして設定している。また、青森県における現行の標準的な仕様はType 2で、1990年以前の標準的な仕様(1990年水準相当)としてはType 1を想定している。

表 4.7 建築仕様の選択肢

選択項目	選択肢	備考
建築仕様	Type 0	1980年水準相当の建築仕様を想定している組み合わせ
	Type 1	1990年水準相当の建築仕様を想定している組み合わせ
	Type 2	現行整備水準相当の建築仕様を想定している組み合わせ
	Type 3	Type 2より外壁、屋根の断熱性を向上した組み合わせ
	Type 4	Type 3の外壁断熱位置を内断熱から外断熱に変更した組み合わせ
	Type 5	Type 4より断熱性、気密性、日射遮蔽ともに向上した組み合わせ

表 4.8 建築仕様の組み合わせ

建築仕様	断熱仕様				ガラス仕様	サッシ 気密性
	外壁		屋根			
	断熱位置	断熱厚(mm)	断熱位置	断熱厚(mm)		
Type 0	内断熱	20	外断熱	30	単層ガラス	気密機構無し
Type 1		30		50		
Type 2						
Type 3	50	80		複層ガラス	気密 パッキン	
Type 4						
Type 5	外断熱	80	100	Low-e ガラス	気密機構付	

Type 0 の断熱材はポリスチレン発泡板相当、Type 1～5 における断熱材は硬質ウレタンフォーム相当を想定している。

3) 全熱交換器の有無

外気処理の方法として全熱交換器導入の有無を選択する。全熱交換器を導入した場合の全熱交換効率は50%に固定して、計算を行っている。

表 4.9 全熱交換器の選択肢

選択項目	選択肢	備考
全熱交換器仕様	無し	
	有り	熱交換効率は50%

4) 冷房設備の運用

青森県の現況を反映し、計画建物の冷房設備の有無を選択することができる。冷房設備を「無し」とした場合、負荷計算・エネルギーシミュレーションの冷房要素がエネルギー消費量、コストなどに反映されない。

表 4.10 冷房設備の運用

選択項目	選択肢	備考
冷房設備の有無	無し	冷房無しの場合、熱源機器は温水ボイラーとする。
	有り	エネルギー計算の集計に冷房分も加算される。

5) 空調方式

庁舎版選択シートでは表 4.11 の空調方式を選択することができる。暖房設備のみの場合の標準仕様として System0 を、現行の標準仕様として System2 を想定している。詳細を表 4.12 に示す。空調方式は空気搬送が無い場合（暖房のみ、system0,1）有る場合（冷暖房、system2~4）に大別される。空気搬送が無い方式（分散式ファンコンベクター）を採用する場合は、換気方式に応じて System0（第3種換気）か System1（外調機）を選択する。空気搬送を行う場合（各階空調機による単一ダクト方式）は風量制御の有無に応じて System2（CAV）もしくは System3,4（VAV）を選択する。また、VAV を選択した場合は、ペリメーター処理の方法に応じて System3（ゾーニング方式）、System4（全空気方式）を選択する。System0, System2 の系統図を図 4.5 に、機器レイアウトを図 4.6、図 4.7 にそれぞれ示す。

表 4.11 空調方式の選択肢

選択項目	選択肢	備考
空調方式	System 0	ファンコンベクター（風量制御の有無を選択） 第3種換気
	System 1	ファンコンベクター（風量制御の有無を選択） + 外調機
	System 2	単一ダクト CAV + ファンコイル
	System 3	単一ダクト VAV + ファンコイル
	System 4	単一ダクト VAV（全空気式）

表 4.12 空調方式

空調方式	冷房の有無	ペリメーター処理	インテリア処理	自動制御	換気・外気処理方式
System 0	無し	ファンコンベクター		風量制御の有無を選択	なし（第3種換気）
System 1					外調機による中央式
System 2	有り	ファンコイル	CAV（定風量）	CAV / CWV	空調機による中央式
System 3			VAV（変風量）	VAV / VWV	
System 4		VAV（変風量、全空気式）			

VAV(CAV)を採用する場合は、同時にポンプの変流量制御 VWV（定流量制御 CWV）も採用する。

6) 熱源方式

庁舎モデルの熱源方式を建築計画に合わせて選択する。熱源は中央方式を前提としている。熱源方式の選択により、使用するエネルギー（油、ガス、電気）熱源機器が自動的に決定され、それに応じた原単位や熱源機器効率及びイニシャルコストが結果に反映される。

表 4.13 熱源方式の選択肢

選択項目	選択肢	備考
熱源方式	温水ボイラー	暖房専用 COP（冷房： -、暖房：0.8）
	吸収式冷温水機 （油焚き）	付属設備として冷却塔、冷却水ポンプを組み込む。 COP（冷房：1.2、暖房：0.8）
	吸収式冷温水機 （ガス焚き）	付属設備として冷却塔、冷却水ポンプを組み込む。 COP（冷房：1.2、暖房：0.8）
	空気熱源ヒートポンプチャージ	COP（冷房：3.5、暖房：2.6）
	氷蓄熱ユニット	付属設備として氷蓄熱槽、循環ポンプを組み込む。 COP（冷房：2.8、暖房：2.6 システム COPとして設定）

氷蓄熱ユニットは空気熱源ヒートポンプチャージと氷蓄熱槽の組み合わせである。

(3) その他のエネルギー消費量の算定 (sheet 3)

当該シートでは計画建物での空調以外のエネルギー消費量を算出する。以下に項目毎に解説する。

1) 照明・コンセントに使用されるエネルギー消費量

照明・コンセントのエネルギー消費量算出に関しては、「sheet 参考資料 2」で詳細を計算している。庁舎モデルを事務室、会議室、ホール・廊下、非空調室、便所・湯沸室に分類し、各床面積毎に適正な照度を設定し、CEC /L 計算による年間利用日数 (248 日) を参考に、エネルギー消費量を算出している。利用スケジュールは、9~18 時としているが、「sheet 参考資料 2」内で利用時間を変更することが可能である。照明方式は (一般型蛍光灯、Hf 型蛍光灯、Hf 型蛍光灯 + 光センサーによる調光制御) を選択することができ、各方式毎に照明エネルギーの低減率が与えられる。

表 4.14 照明方式の選択肢

選択項目	選択肢	備考
照明方式	一般型蛍光灯	一般的な蛍光灯を使用する場合に選択する。
	Hf 型蛍光灯	高周波数で発光する蛍光灯。通常の運用で 15% 程度の省エネが見込める。インバーターにより出力調整ができるため、光センサーと組み合わせて様々な用途に利用される。
	光センサーによる初期照度補正及び昼光利用制御	光センサーによる初期照度補正及び昼光利用制御システムの導入。窓面方位により効果は変化するが南向きの場合において 30% 程度の省エネが見込める。

CEC : Coefficient Energy Consumption : エネルギー消費係数 (参考 ; 建築物の省エネルギー基準と計算手引 (H14) IBEC 編)

2) 衛生設備に関わるエネルギー消費量

衛生設備のエネルギー消費量は、) 給湯エネルギーと) 加圧給水ポンプの消費電力とに分類して、それぞれ計算を行っている。

) 給湯にかかわるエネルギー

以下の条件より算出している。

給湯量 : 7.5 L/(日・人)

年間日数 : 248 日 (CEC/HW の条件)

上水平平均温度 : 9 (青森県、給湯温度 43、CEC/HW の条件)

) 加圧給水ポンプにかかわるエネルギー

以下の条件により時間最大給水量を算出し、ポンプ能力を「sheet 参考資料 3」で算出している。これに稼働時間、負荷率 (0.2)、ポンプ効率 (0.9) を乗じてポンプの年間電力消費量を算出している。

給水量 : 80L/(日・人)

年間日数 : 248 日

3) 換気設備に関わるエネルギー消費量

換気に関わるエネルギー消費量は、庁舎モデルの便所排気ファンと外調機を対象としている(空

調方式が System 1 の場合) 電力消費量は風量、機外静圧、全圧効率 (0.46) からファンの軸動力、消費電力を算出し、それに稼働時間を乗じて求める。詳細は庁舎版選択シート「sheet 参考資料 4」に示す。また、稼働時間に関しては「sheet 参考資料 4」にて変更が可能である。

4) 設備的省エネルギー対策の削減効果計算

太陽光発電、風力発電の導入によるエネルギー削減効果を算出する。太陽光発電は、設備規模と蓄電池の有無の組み合わせが選択可能である。風力発電に関しては、設置台数を選択できる。どちらも地域性が反映される技術であるため、基本情報シート (Sheet1) で選択した地域により発電量が変化する (cf. 第 5 編第 3 章「3.4.2 校舎モデルによるライフサイクル効果の検討」(6) 太陽光発電、第 5 編第 4 章「4.4.1 環境負荷低減技術要素における検討項目」(8) 風力発電)。

表 4. 15(1) 太陽光発電設備規模の選択肢

選択項目	選択肢		備考
太陽光発電	無し		
	有り	定格 10kW	太陽光発電パネル設置面積 90 m ² 程度
		定格 20kW	太陽光発電パネル設置面積 180 m ² 程度
		定格 50kW	太陽光発電パネル設置面積 450 m ² 程度
		定格 100kW	太陽光発電パネル設置面積 900 m ² 程度

表 4. 15(2) 太陽光発電設備併設の蓄電池規模の選択肢

選択項目	選択肢		備考
蓄電池	無し		
	有り	蓄電池 0H	太陽光発電の設置のみ。
		蓄電池 1H	災害時の避難時間を賄える 1 時間分の蓄電池。
		蓄電池 8H	防災拠点として通電復帰までを想定した 8 時間分の蓄電池。

表 4. 16 風力発電設備の選択肢

選択項目	選択肢		備考
風力発電	無し		
	有り		1 ~ 4 台まで選択が可能。

(4) 別表、参考資料

「別表」は「環境負荷低減手法選択シート (庁舎版)」におけるバックデータであり、ユーザーが操作したり、閲覧する必要はない。同じく、「sheet 参考資料 1 ~ 7」もバックデータとしての要素が強いが、こちらは計算過程の論理を示す内容であり、ユーザーによる数値の更新が可能な箇所が数カ所ある。更新可能箇所を下記に列記する。但し、通常の利用では変更の必要はない。

「sheet 参考資料 2」 照明・コンセントの利用時間、負荷率

「sheet 参考資料 4」 便所の換気ファンの利用時間、負荷率

「sheet 参考資料 5」 建材、機器の単価

4.2.2 出力シート

(1) エネルギーシート (sheet 4)

エネルギーシートでは、Sheet 2、Sheet 3 で算出した各用途のエネルギー消費量を集計し、基本情報シート (Sheet 1) の原単位を用いて下記の、 の値を集計する。また、基本情報シートの料金表から電気、燃料、水道、下水道に関わる運用コストを算出、 ランニングコストを集計する。

一次エネルギー消費量 (MJ/年・m²)

運用 CO₂ 排出量 (RCO₂、kg- CO₂/年)

ランニングコスト (RC、千円/年)

(2) ライフサイクル評価のシート (sheet 5)

庁舎モデル (3000 m²) のライフサイクルコスト、ライフサイクル CO₂ の算出にあたり、基本的な手法や具体的な値は「グリーン庁舎設計指針及び同解説」に倣っている。但し、新築建設費の算出に関しては国土交通省の平成 13 年度標準庁舎予算単価を参照し、最新の値を反映している。また、空調設備に関わる新築建設費は、本検討で想定した新築標準仕様空調設備の想定単価を用いており、庁舎版選択シート上で空調方式、熱源方式などを変更した場合、それに従って変化する。機器のコスト・CO₂ 排出量の根拠は「sheet 参考資料 5」で一覧にしている。

新築を想定した場合、LCCO₂、LCC の評価対象期間は 50 年としている。この場合、建物寿命も 50 年とし、設備の更新周期は 15 年とする。改修を想定した場合、その改修年次は 25 年目とし、残存寿命 (評価対象期間) は 25 年と設定する。残寿命期間に設備更新が一回生じる。

新築時現行水準での LCCO₂、LCC の値を表 4. 17 に示す。様々なケースにおける LCCO₂、LCC の値はこの現行水準からの増減で評価される。

表 4. 17 LCCO₂、LCC の値 (新築時現行水準、青森地域)

	LCCO ₂	LCC
単位	kg-CO ₂ /年m ²	千円/年m ²
設計監理	0.62	0.45
新築工事	25.03	5.25
修繕	3.66	1.07
改修工事	12.45	3.70
維持管理	8.61	7.16
エネルギー	119.7	4.94
廃棄処分	0.75	0.15
合計	170.9	22.72

4.2.3 庁舎版選択シートの留意点

空調エネルギーシミュレーションを行う上で、建築仕様と空調方式のバランスを考え、非現実的な組み合わせはシミュレーションの対象から除き、実質的な組み合わせに関して検討を行っている。組み合わせを表 4. 18 に示す。

表 4. 18 建築仕様と空調方式の組み合わせ

建築仕様 空調方式	Type 0	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
System 1	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4		
System 2	×	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8	Case 9
System 3	×		Case 10			
System 4	×		Case 11			

：他の計算結果より補完する。

×：計算も補完による算出も行わない。庁舎版選択シートの項目に含めない。

また、表 4. 18 の Case 1～11 の計算ケースに関しては 4 地域、4 方位を全て計算するのではなく、表 4. 19 に示す代表ケース（Case 1、Case 6 の全方位、それ以外のケースの南向き）に関して計算を行い、それ以外は代表ケースの結果から補完して求めている。

表 4. 19 建築仕様、空調方式と方位の組み合わせ

冷房 有無	建築仕様 空調方式	基準面方位（4 地域）			
		南	北	東	西
なし	Case 1				
	Case 2				
	Case 3				
	Case 4				
あり	Case 5				
	Case 6				
	Case 7				
	Case 8				
	Case 9				
	Case 10				
	Case 11				

4.2.4 様々なケースの比較

本シートは「選択シート O_Case 1.xls」、 「選択シート O_Case 2.xls」、 「比較 O.xls」の3ファイルから構成されている。 と の内容は全く同様であるが、選択する技術要素により最終的な結果は異なる。これらの差異を抽出し、選んだ技術要素の費用対効果を確認、表示するのが「比較 O.xls」である。これらの3ファイルは同じフォルダー内で用いる事により、リンクが成立する。sheet8 では と の結果を参照し、以下の値を算出する。

6.1 延床面積あたりの用途別一次エネルギー消費量の比較	(MJ/年・m ²)
6.2 延床面積あたりの用途別運用 CO ₂ 排出量の比較	(kg-CO ₂ /年・m ²)
6.3 延床面積あたりのランニングコスト (RC) の比較	(円/年・m ²)
6.4 イニシャルコスト (IC) の比較	(円/m ²)
6.5 イニシャル CO ₂ (ICO ₂) の比較	(kg-CO ₂ /m ²)
6.6 ライフサイクルコスト (LCC) の比較	(千円/年・m ²)
6.7 ライフサイクル CO ₂ (LCCO ₂) の比較	(kg-CO ₂ /年・m ²)

また、6.8、6.9 は投資回収年数、CO₂ 回収年数、1kg-CO₂/年を削減するのに必要な投資額を Case 1 から Case 2 に対策した場合の費用対効果として算出している。それぞれの値は下式で示される。

$$(\text{単純投資回収年数}) = (\text{IC の増分}) / (\text{RC の減分})$$

$$(\text{CO}_2 \text{ 回収年数}) = (\text{ICO}_2 \text{ の増分}) / (\text{RCO}_2 \text{ の減分})$$

$$(\text{1kg-CO}_2/\text{年を削減するのに必要な IC}) \\ = (\text{IC の増分}) / (\text{LCCO}_2 \text{ の減分})$$

ある対策を行った場合、実際の運用上は修繕費、改修費、維持管理費など様々な要素が混在してくるため、投資がどのような形で回収できたかは非常に複雑な問題である。ここでは、一つの指標として「単純投資回収年数」を算出しているが、実際には経年劣化による能力低下、その他の設備機器との取り合いなど様々な要素があることを理解しておくことが肝要である。

これらの試算はあくまでモデルケースでの試算結果をベースにしており、具体的な数字がそのまま有効に利用できるかどうかは十分な検証を必要とする。

但し、環境負荷低減手法の効果や、対策による傾向、エネルギーの低減率などを相対的に評価するツールとして有用である。

4.3 庁舎における環境調和建築設計の検討例

4.3.1 検討方法

新築、改修、運用、廃棄などの計画段階で省エネルギー対策（環境負荷低減手法）を推進する場合、予算確保などの理由により、採用を行う対策の費用対効果が明示される必要がある。本章では環境負荷低減手法を建築計画に採用する上で、採用した対策によりどの程度の省エネルギー効果が得られ、どの程度の費用がかかるのかを 4.1,4.2 節の「庁舎版選択シート」を用いて評価する。検討のフローを図 4.3 に示す。

第 1 段階として、第 2 編の表 7 及び 8 で示された各水準の建築仕様・設備仕様の組み合わせを選択する根拠となる様々な組み合わせにおける各指標値の比較・検討を行う。この検討結果より、環境負荷低減効果、コスト効果などのバランスを考えて、第 2 編における指標の目標値を決定する。

第 2 段階では、各々の環境負荷低減手法の運用 CO₂ 排出量、LCCO₂、LCC、費用対効果を算出し、青森県下でどの対策がどの程度の効果があるのかを分析する（マイクロ解析、本章 4.4 節）。

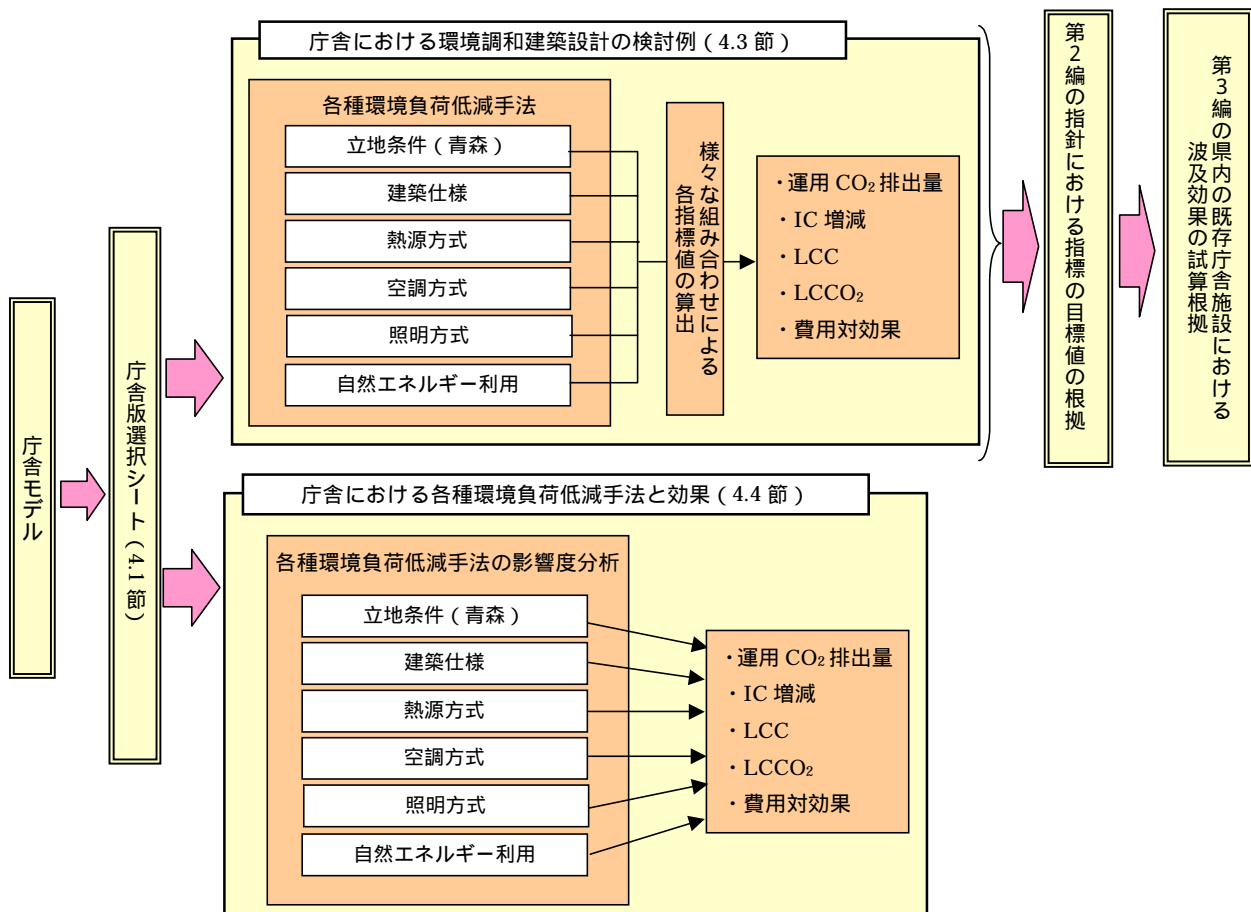


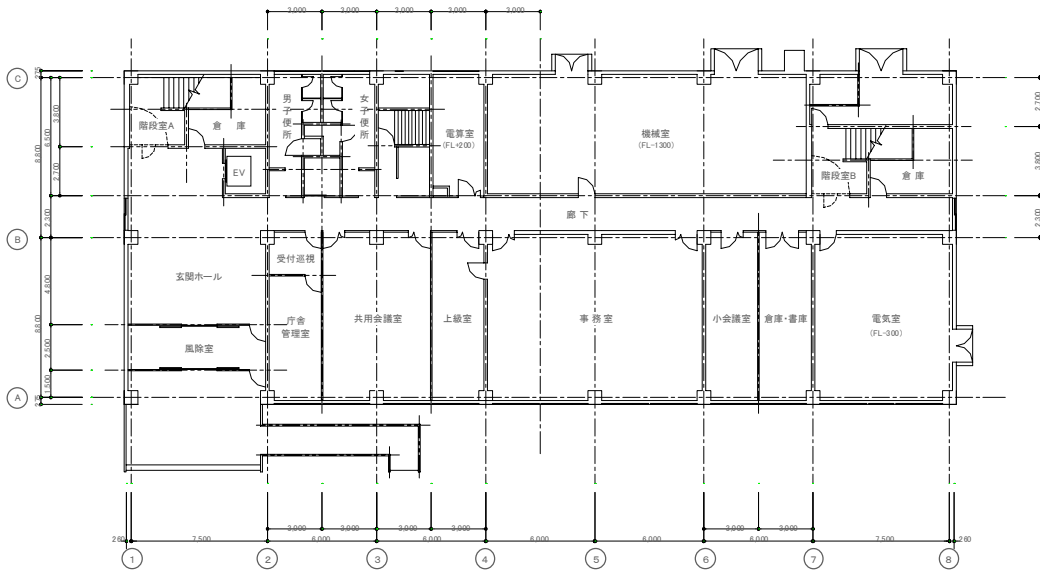
図 4.3 庁舎の環境負荷低減手法の検討フロー

4.3.2 庁舎モデルの設定

(1) 庁舎モデルの建築概要

建築概要

- ・延べ床面面積：2,635 m²
- ・天井高：一般 2.6m
- ・居住者人数：350 人
- ・必要換気量：30m³/h・人
- ・外壁、床、天井：RC 壁 150mm + 断熱材
- ・年間使用スケジュール：年末年始休み 12/28～1/3。以下は暦通り、土日祝休み。
- ・日スケジュール：基本は 1 日 9 時間（9 時～18 時）



1) 1F 平面図



2) 2F 平面図

図 4.4 庁舎モデル (3,000 m², S=1:500)

平成 11 年基準 建設省建築工事積算基準の解説 < 建築工事編 > (建設大臣官房官庁営繕部監修) を参考に改編

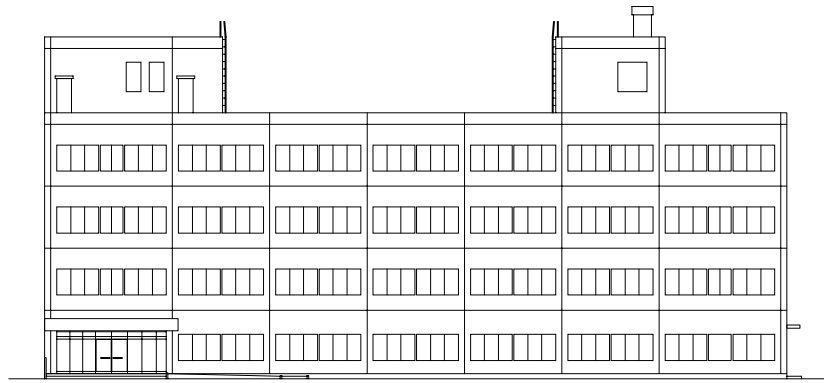


3) 3F 平面図

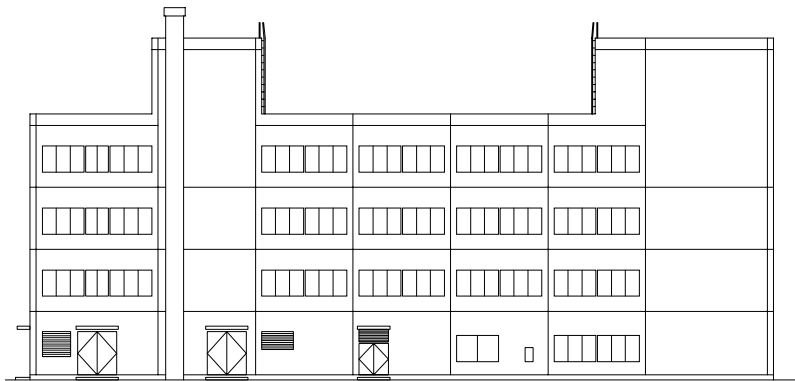


4) 4F 平面図

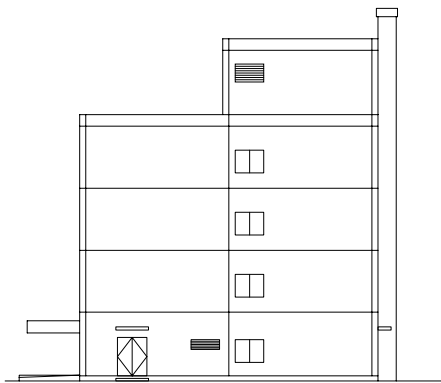
図 4.4 庁舎モデル (3,000 m²、S=1:500)



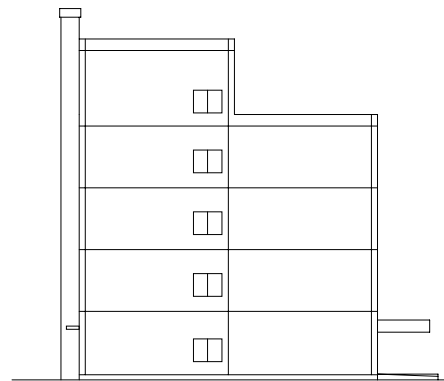
5) 南立面図



6) 北平面図



7) 東立面図



8) 西平面図

図 4.4 庁舎モデル (3,000 m²、S=1:500)

(2) 庁舎モデルの空調設備概要

庁舎モデルにおける空調方式は、1990年以前の一般的な方式（冷房設備無し、第3種換気方式）から、青森県では採用例のないVAV制御による全空気式の空調方式までを検討対象とする。検討ケースの空調設備概要を以下に示す。エネルギーシミュレーションによる環境負荷低減手法の検討を行う際の基本ケースはSystem2（新築時現行水準）とする。冷房設備がないSystem0と冷房設備があるSystem2の空調系統図を図4.5に、機器プロット図を図4.6、図4.7に示す。（空調設定温度：冷房26℃、50%、暖房22℃、40%）

1) System 0

冷房の有無	: 冷房設備なし
熱源機器	: 温水ボイラー
空調方式	: ファンコンベクター
換気方式	: 第3種機械換気 - トイレ・湯沸かし

2) System 1

冷房の有無	: 冷房設備なし
熱源機器	: 温水ボイラー
空調方式	: ファンコンベクター
換気方式	: 第3種機械換気 - トイレ・湯沸かし (給気は外調機経由で廊下に排気見合い分を吹く)

3) System 2

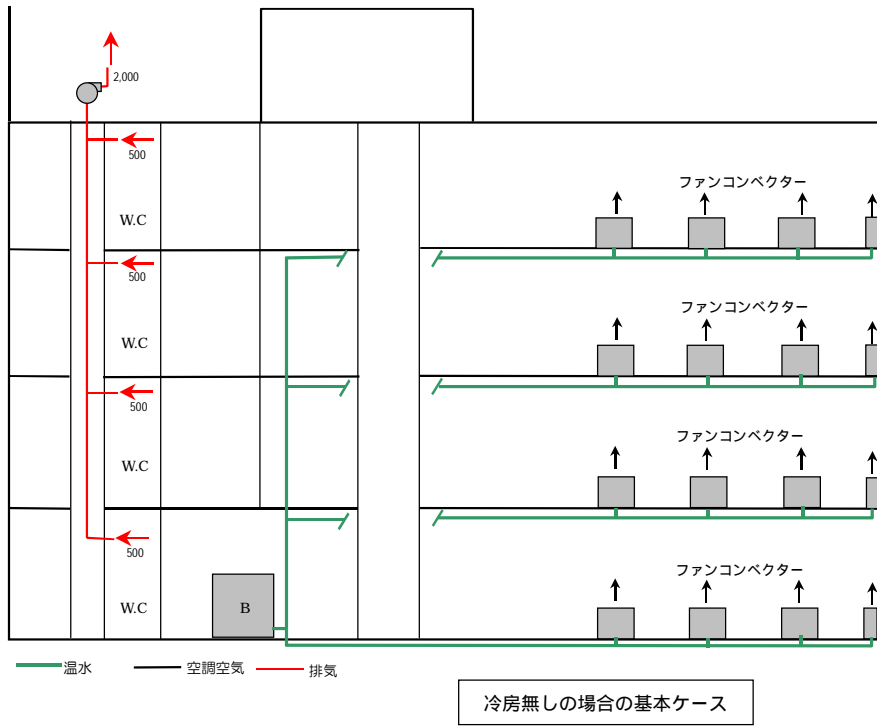
冷房の有無	: 冷房設備有り
熱源機器	: 油焚き吸収式冷温水発生器
空調方式	: 単一ダクト+ファンコイル(各階空調機)
吹出風量	: 定風量(CAV制御) - 20CMH/m ² (空調面積に対して)
換気方式	: トイレ・湯沸かし - 第3種機械換気

4) System 3

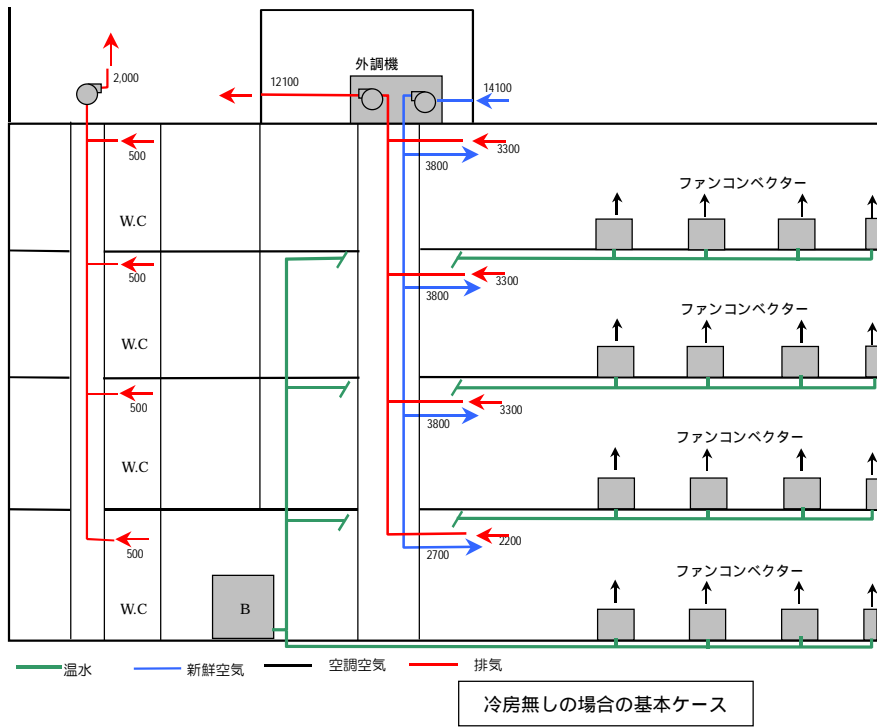
冷房の有無	: 冷房設備有り
熱源機器	: 油焚き吸収式冷温水発生器
空調方式	: 単一ダクト+ファンコイル(各階空調機)
吹出風量	: 変風量(VAV制御) - 最低風量 MinOA(30CMH/人)
換気方式	: トイレ・湯沸かし - 第3種機械換気

5) System 4

冷房の有無	: 冷房設備有り
熱源機器	: 油焚き吸収式冷温水発生器
空調方式	: 全空気式(各階空調機)
吹出風量	: 変風量(VAV制御) - 最低風量 MinOA(30CMH/人)
換気方式	: トイレ・湯沸かし - 第3種機械換気

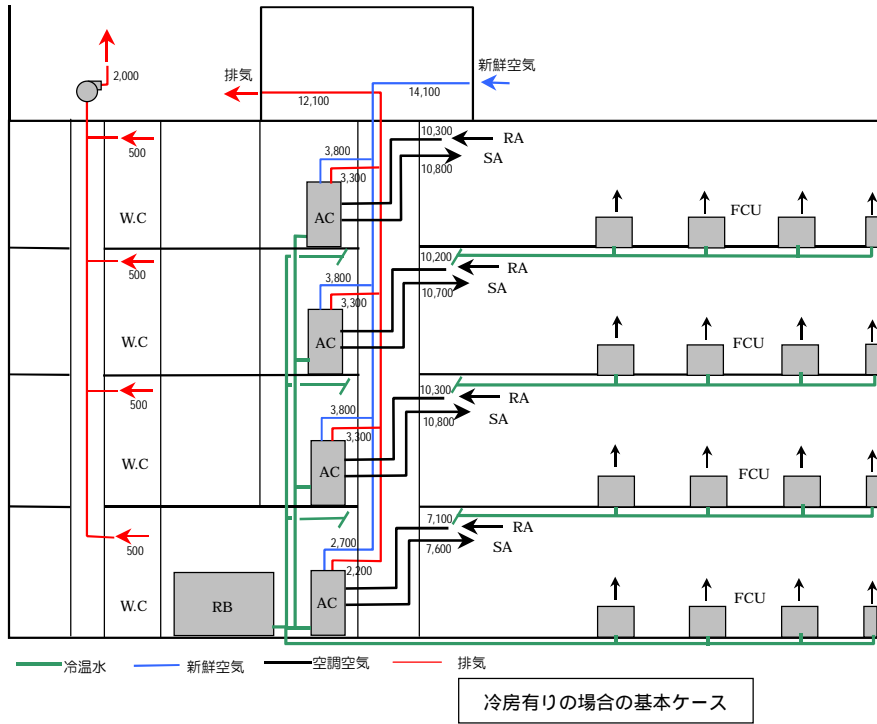


1) System 0

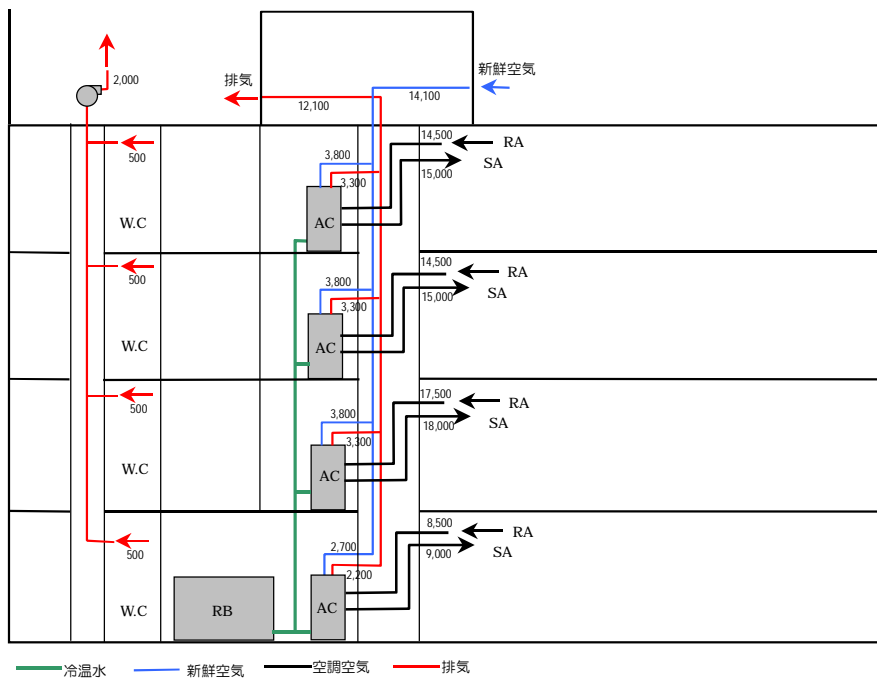


2) System 1

図 4.5 系統図

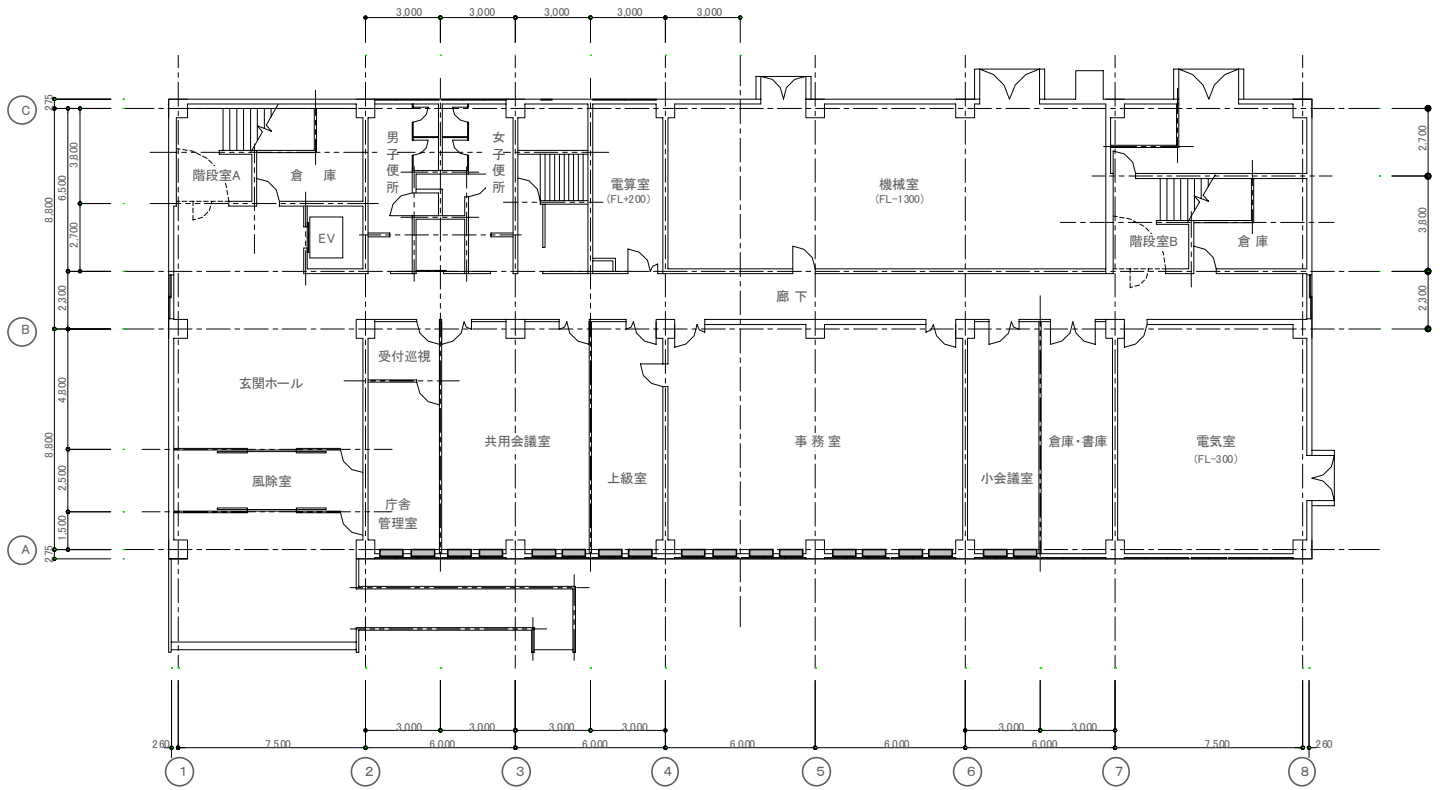


3) System 2,3 (冷房設備有り)



4) System 4 (冷房設備有り)

図 4.5 系統図



1) 1F 機器プロット (System 0)

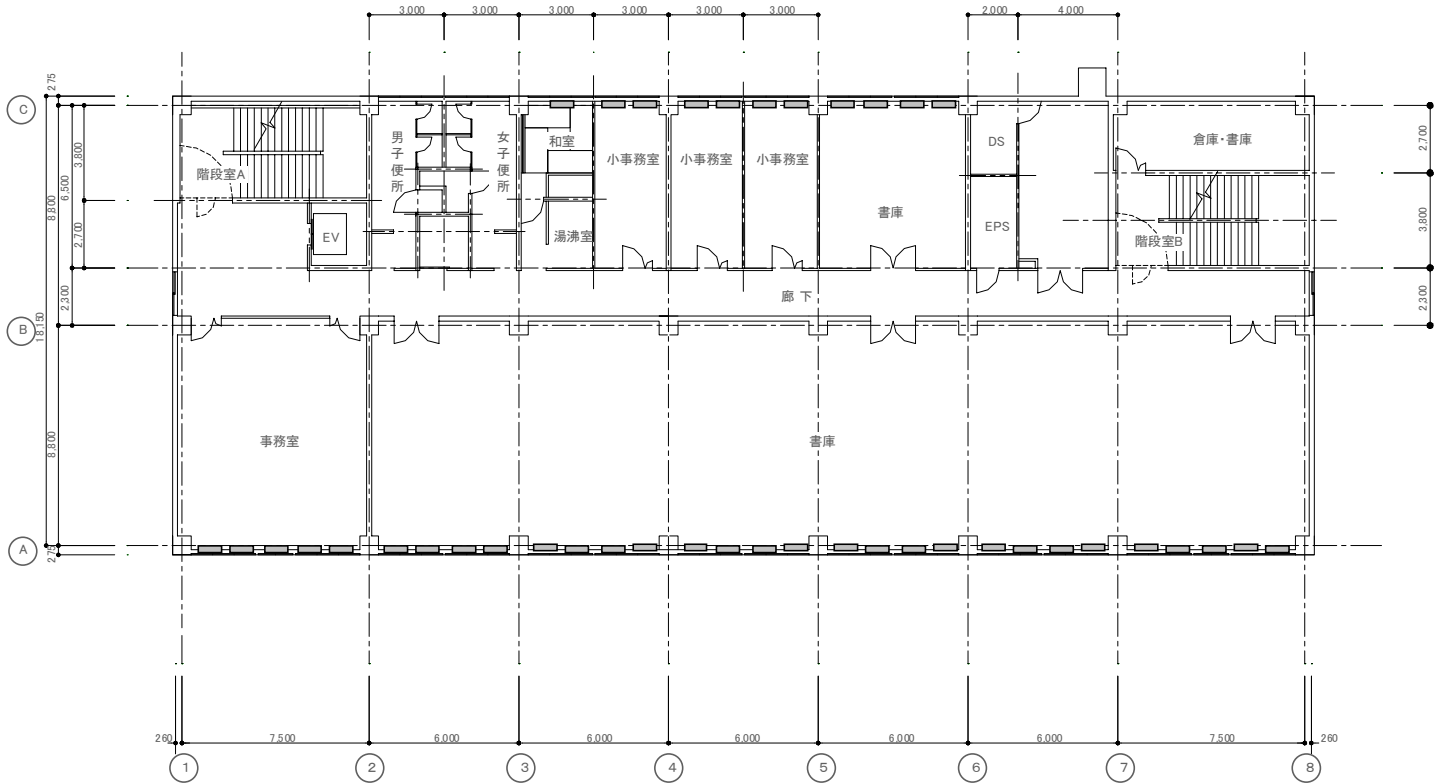


2) 2F 機器プロット (System 0)

図 4.6 機器プロット図 (system0)

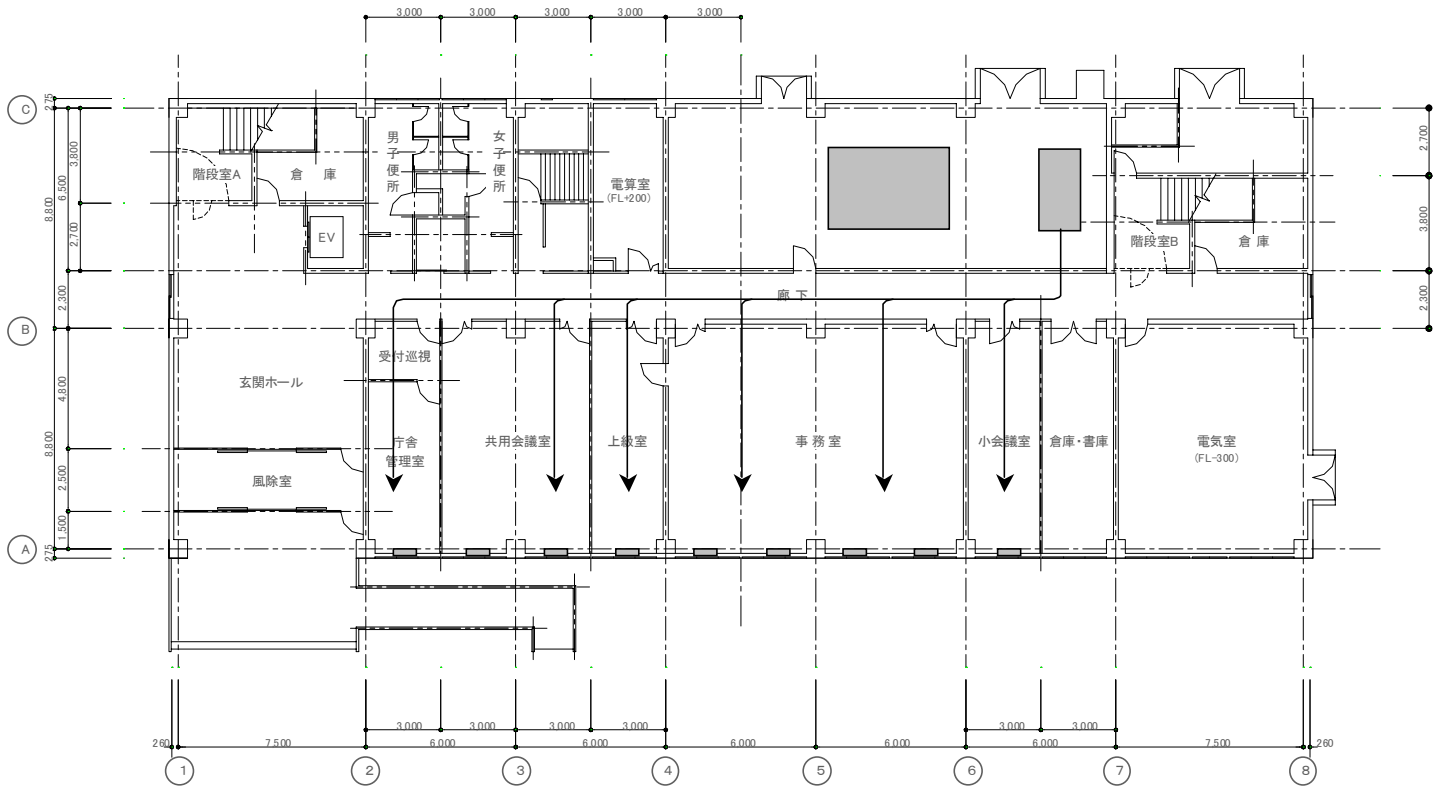


3) 3F 機器プロット (System 0)

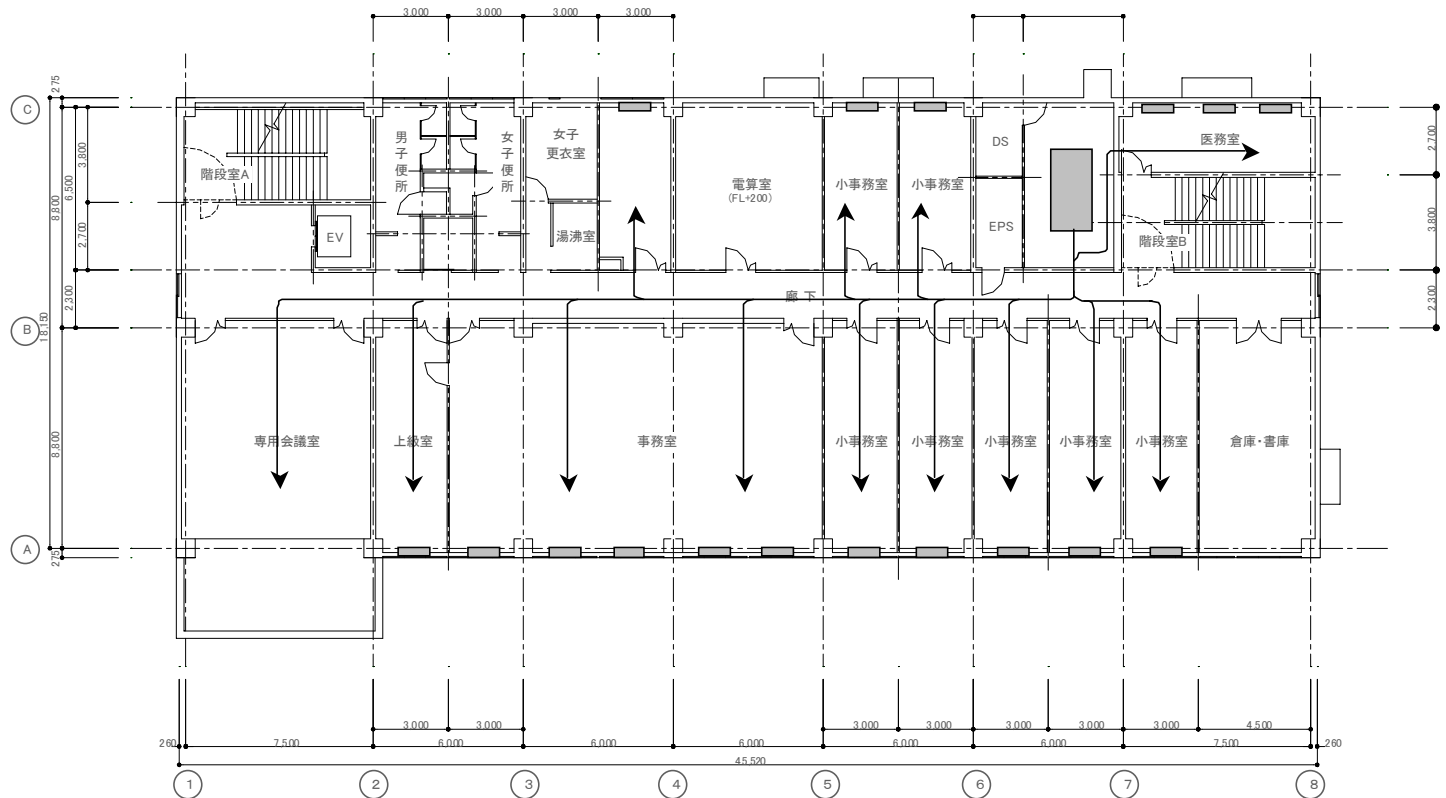


4) 4F 機器プロット (System 0)

図 4.6 機器プロット図 (System 0)

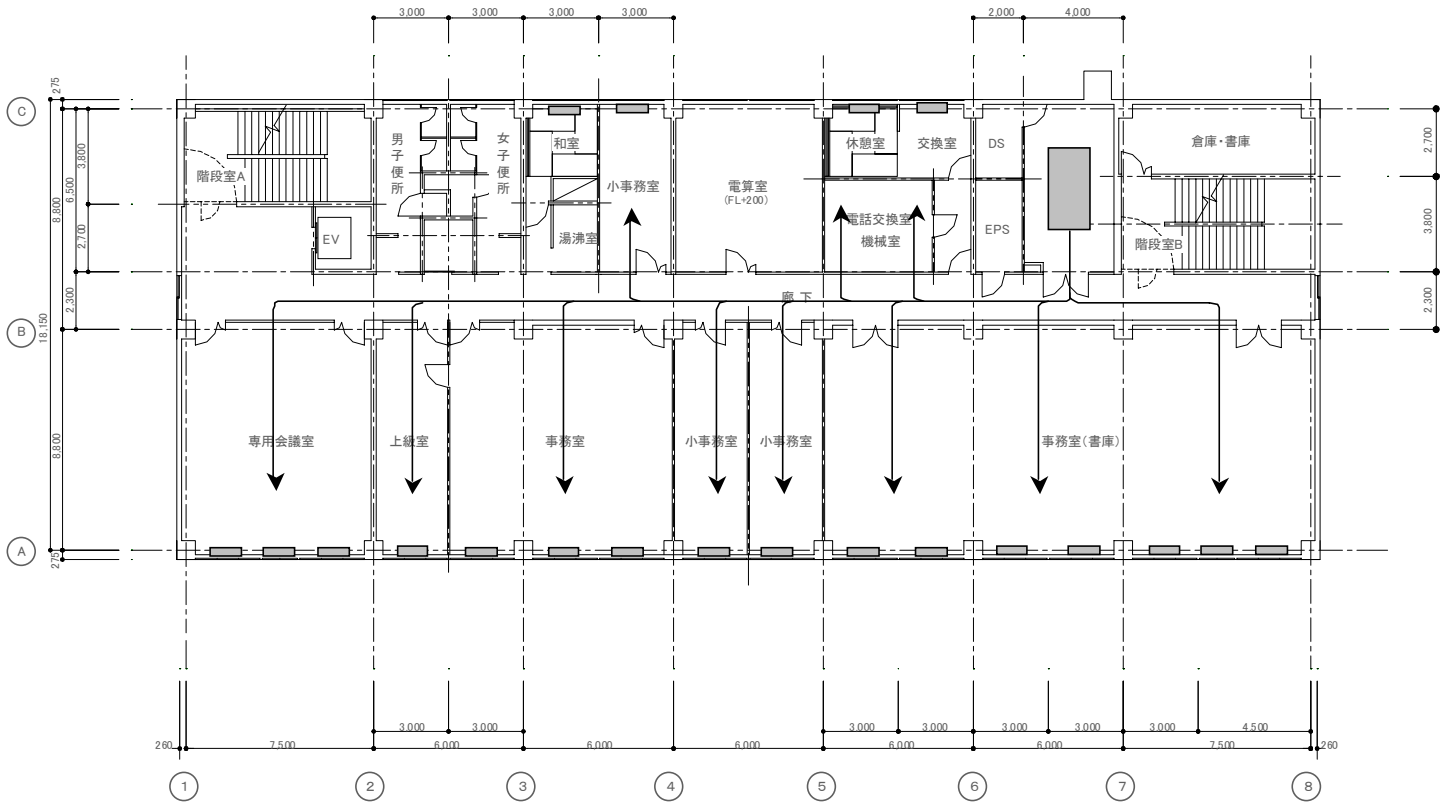


1) 1F 機器プロット (System 2)



2) 2F 機器プロット (System 2)

図 4.7 機器プロット図 (system2)



3) 3F 機器プロット (System 2)



4) 4F 機器プロット (System 2)

図 4.7 機器プロット図 (System 2)

4.3.3 庁舎モデルによるライフサイクル効果の検討

庁舎モデルの環境負荷低減対策として、どのような組み合わせが最適であるかを検討するために、庁舎版選択シートを用いて新築時及び改修時に関して複数の技術要素の組み合わせケースを試行する。

表 4.20 にここで検討する技術要素の組み合わせを示す。組み合わせは Comb 1 から数字が上がる毎に対策のグレードが上がるものとし、一次エネルギー消費量、LCCO₂、LCC、IC 増分、運用 CO₂ 排出量などを比較検討する。

改修時の組み合わせは冷房設備の有無により 2 通りを検討、組み合わせ毎に一次エネルギー消費量の低減効果、LCCO₂、LCC の低減効果、費用対効果を算出する。この比較は青森県の県有施設全体の整備計画を行う上で、どの程度の整備水準を実現すれば、どの程度の CO₂ 排出量削減効果が得られ、一体それを実現するためにはどの程度の費用が発生するのかを算出する根拠となる。また、第 1、2 編で示した指針の水準や要素技術毎の対策レベルを決定するための根拠とした検討である。

表 4.20 各水準における建築仕様・設備概要の詳細設定

新 築 時							
	既存水準 (1990年水準相当)	現行水準	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5
断熱仕様	外壁-内断熱 30mm 屋根-外断熱 50mm 単層ガラス、 普通サッシ	外壁-内断熱 30mm 屋根-外断熱 50mm 複層ガラス 気密パッキナサッシ		外壁-内断熱 50mm 屋根-外断熱 75mm 複層ガラス 気密パッキナサッシ	外壁-外断熱 50mm 屋根-外断熱 75mm 複層ガラス 気密パッキナサッシ		外壁-外断熱 80mm 屋根-外断熱 100mm 複層 Low-e ガラス 気密機構(AT) サッシ
外気処理方法 (換気方式)	なし (第3種機械換気方式)				全熱交換器経由		
照明方式	一般型蛍光灯	Hf型蛍光灯	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御				
空調方式	CAV制御 (単一ダクト+ファンコ式)			VAV制御 (単一ダクト+ファンコ式)		VAV制御 (全空気式)	

改 修 時							
	改修水準 (1980年水準相当)	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	
断熱仕様	外壁-内断熱 20mm 屋根-外断熱 30mm 複層ガラス、 普通サッシ	外壁-内断熱 30mm、 屋根-外断熱 50mm 複層ガラス、 気密パッキナサッシ	外壁-内断熱 50mm、 屋根-外断熱 75mm 複層ガラス、 気密パッキナサッシ	外壁-外断熱 50mm、 屋根-外断熱 75mm 複層ガラス、 気密パッキナサッシ		外壁-外断熱 80mm、 屋根-外断熱 100mm 複層 Low-e ガラス 気密機構(AT) サッシ	
外気処理方法 (換気方式)	なし (第3種機械換気方式)			外調機 + 全熱交換器経由			
照明方式	一般型蛍光灯	Hf型蛍光灯	Hf型蛍光灯、初期照度補正、昼光利用制御				
空調 方式	冷房 無し	ファンコパター 制御なし	ファンコパター 風量制御有り				
	冷房 有り		CAV制御 (単一ダクト+ファンコ式)	VAV制御 (単一ダクト+ファンコ式)		VAV制御 (全空気式)	
長寿命化	なし(残寿命25年)						あり(残寿命50年)

(1) 一次エネルギー消費量

表 4.20 の新築時の組み合わせ毎の一次エネルギー消費量を図 4.8 に示す。技術要素の組み合わせグレードを高くすると、一次エネルギー消費量は徐々に小さくなる。最もグレードの高い組み合わせである Comb 5 では現行水準に比べて約 20% の低減が見込める。

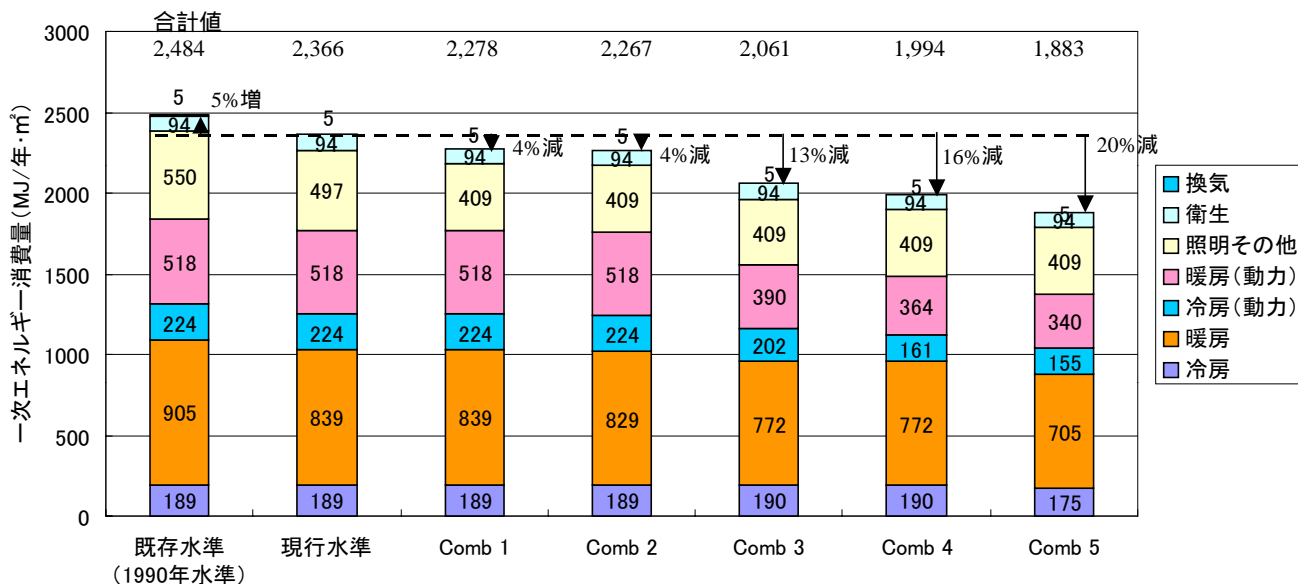


図 4.8 新築時における一次エネルギー消費量の比較 (MJ/年・m²)

改修時で冷房設備を導入しない場合の一次エネルギー消費量を図 4.9 に示す。Comb 2 以降では室内温熱環境向上の目的で外調機を導入しているため、その搬送動力分の一次エネルギー消費量が増えるが、それ以外の対策 (断熱仕様の向上、照明の調光制御、外気処理などの技術) により、その増分が補填される。最も高いグレードである Comb 4, 5 では改修前水準に比べて約 41% の低減が見込める。

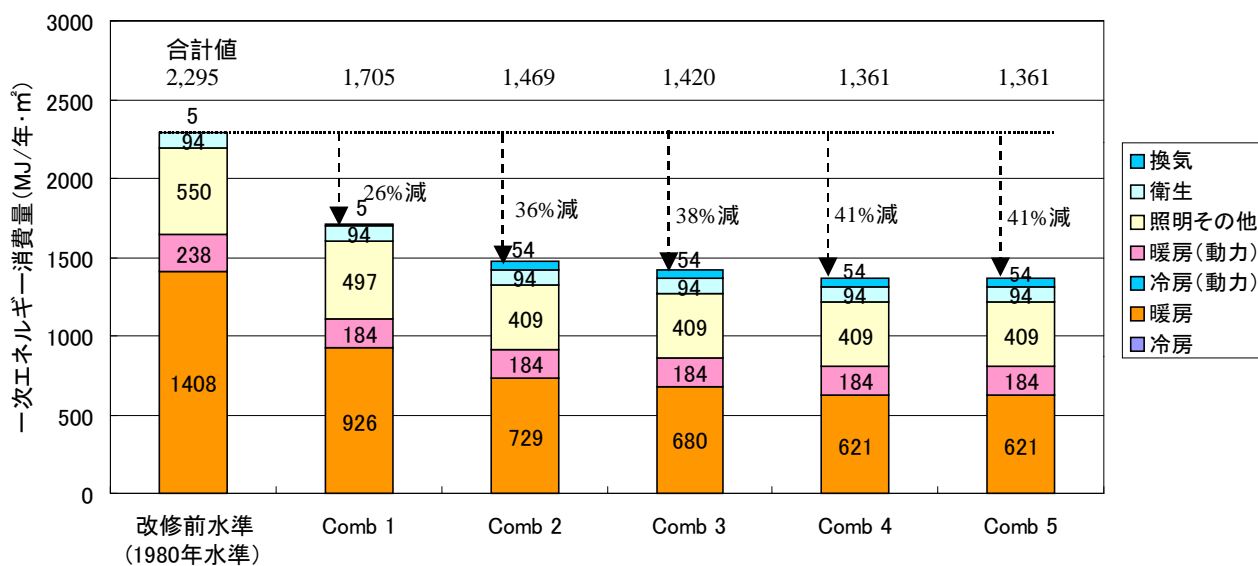


図 4.9 改修時における一次エネルギー消費量の比較 (MJ/年・m²) (冷房無し)

一方、既存の冷房設備を持たない施設に、改修によって冷房設備を導入した場合の、一次エネルギー消費量を図 4.10 に示す。改修前水準に比べて冷房分のエネルギー消費量が増えるが、環境負荷低減手法を採用することで Comb 2 以降では、改修前水準よりも一次エネルギー消費量を減少させる事が可能となる。

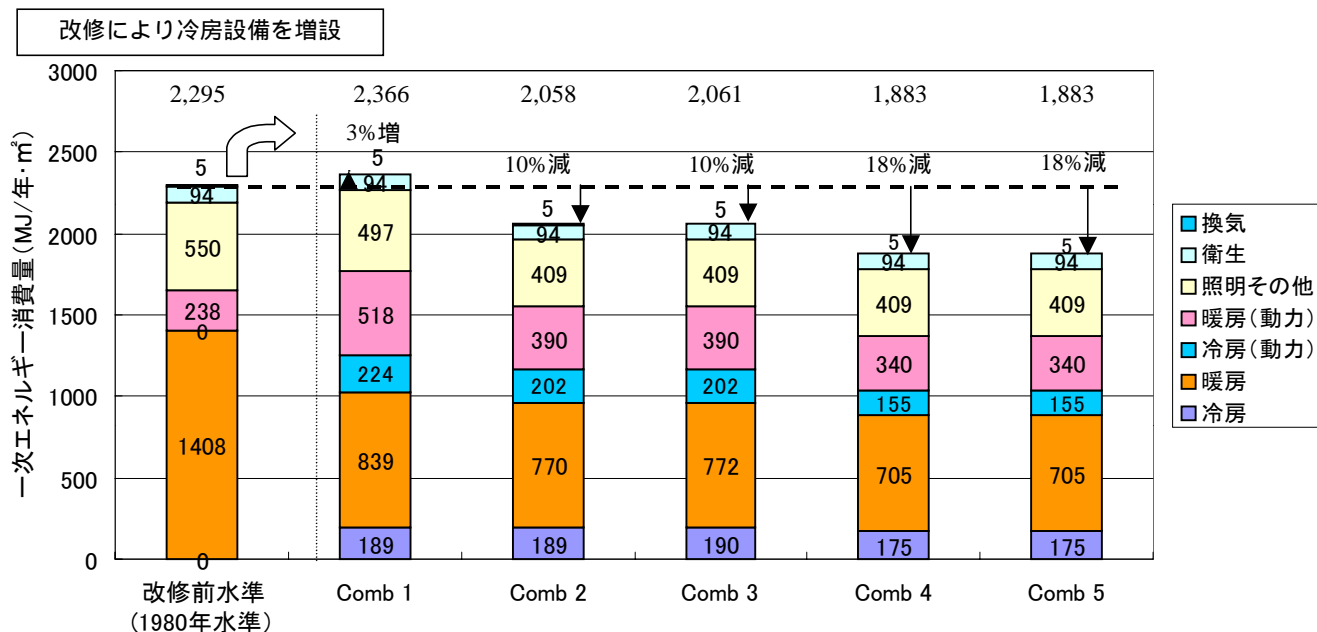


図 4.10 改修時における一次エネルギー消費量の比較 (MJ/年・m²) (冷房有り)

既存の施設を改修する場合、コストを冷房設備に充当する場合 (改修時冷房有り「Comb 1」) と、環境負荷低減対策に充当する場合 (改修時冷房無し「Comb 4」) では、条件によってその後の一次エネルギー消費量において 40%以上の差が出る。このような点に留意し、大規模改修を行う際は、快適性と同時に省エネルギー的な環境が構築できるよう、計画段階で十分な検討を行う必要がある。

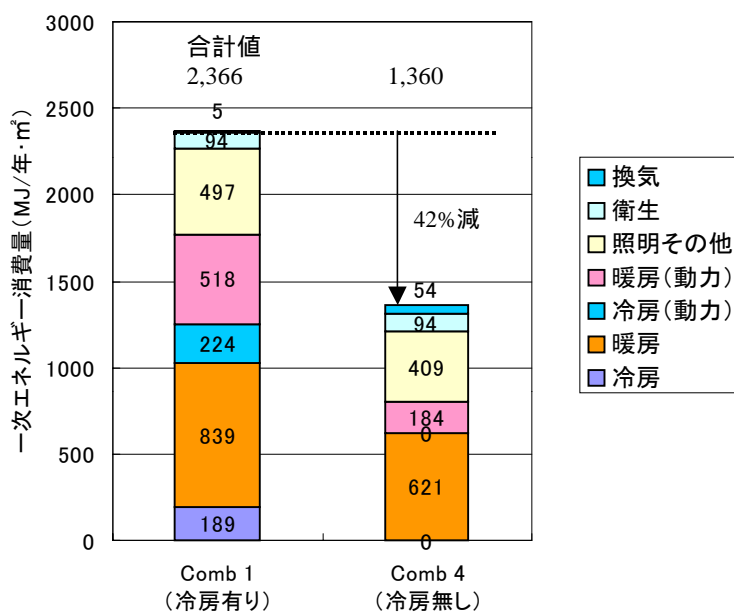
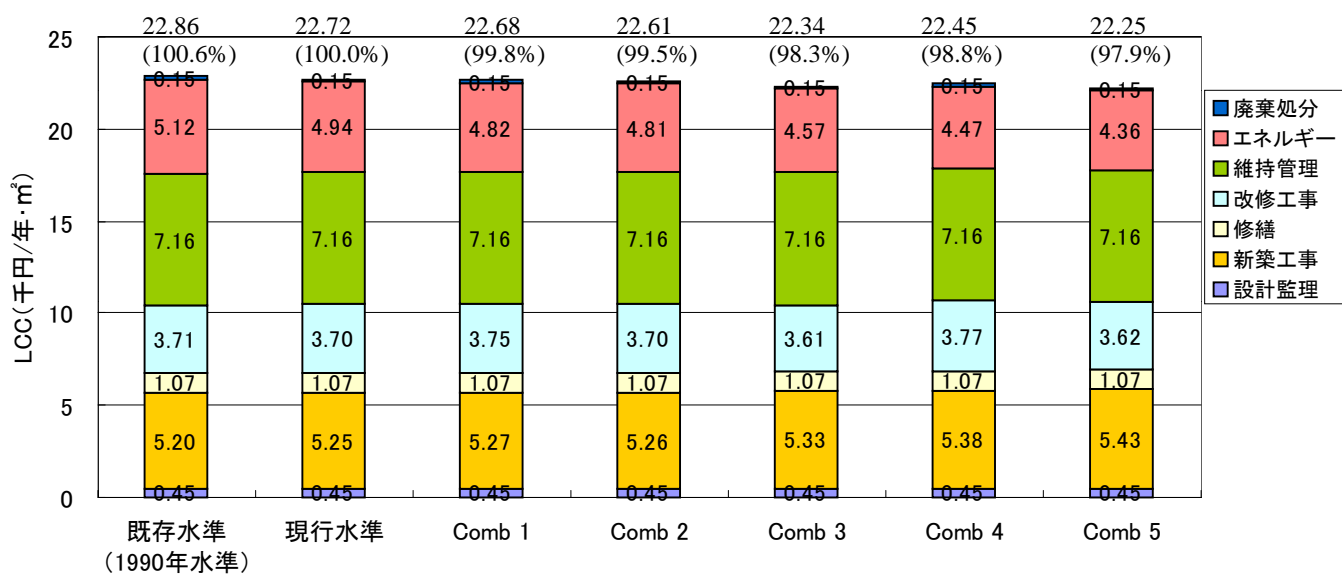


図 4.11 改修方法の違いによる一次エネルギー消費量の比較 (MJ/年・m²)

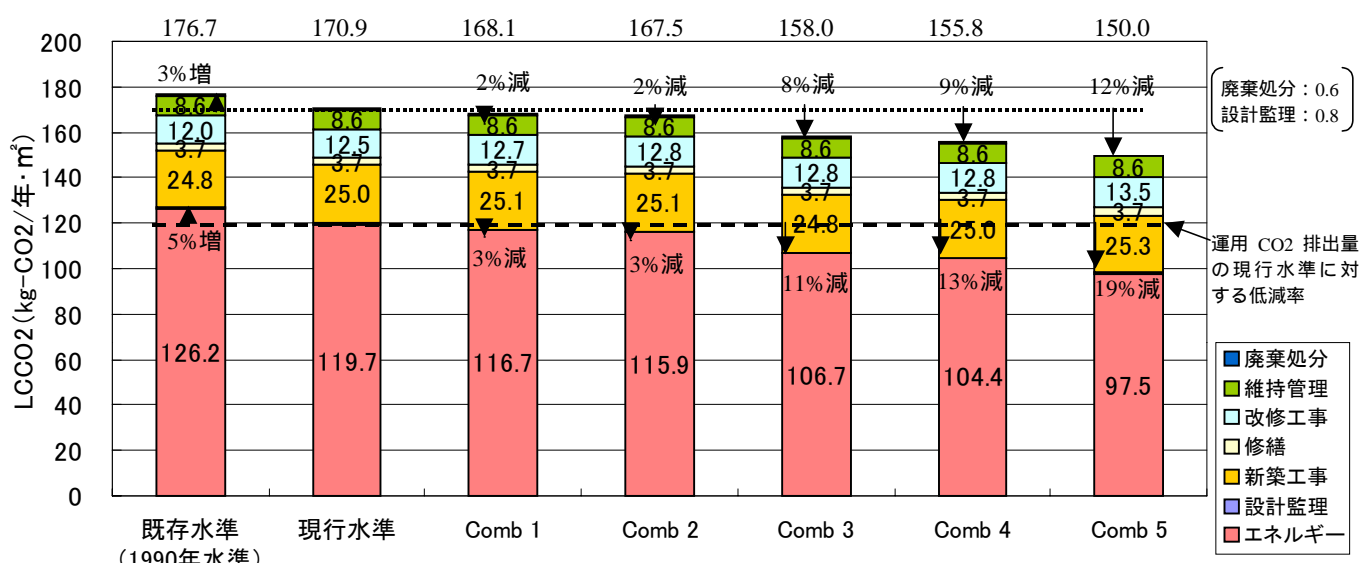
(2) 組み合わせ毎のライフサイクル評価

新築時、組み合わせ毎のライフサイクル評価を図 4.12 に示す。LCC の値は対策のグレードが上がるに応じて、小さくなる訳ではなく、IC (イニシャルコスト) と RC (ランニングコスト) の増減バランスによっては、図 4.12 で LCC(Comb 3) < LCC(Comb 4) となっているように逆転がおきる。

一方、LCCO₂ は電気・燃料などのエネルギー消費量起源の CO₂ 排出量が LCCO₂ の大きな比率を占めるため、対策グレードの向上と連動して下がる傾向となる。Comb 5 では、現行の整備水準と比べて LCCO₂ 全体で 12% 減、エネルギー起源 (運用 CO₂ 排出量起源) で 19% 減を見こむことが出来る。



(1) LCC (千円/年・m²、図上部数値は総計値、()は現行水準に対する 100%率)

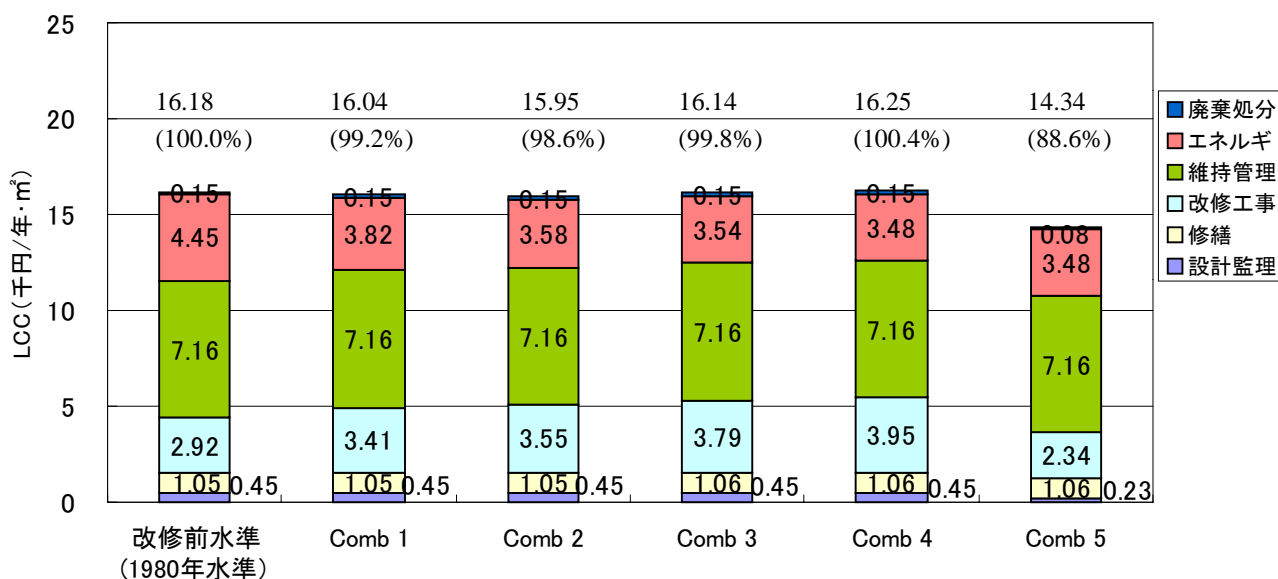


(2) LCCO₂ (kg-CO₂/年・m²、図上部数値は総計値、100%率は共に現行水準に対する数値)

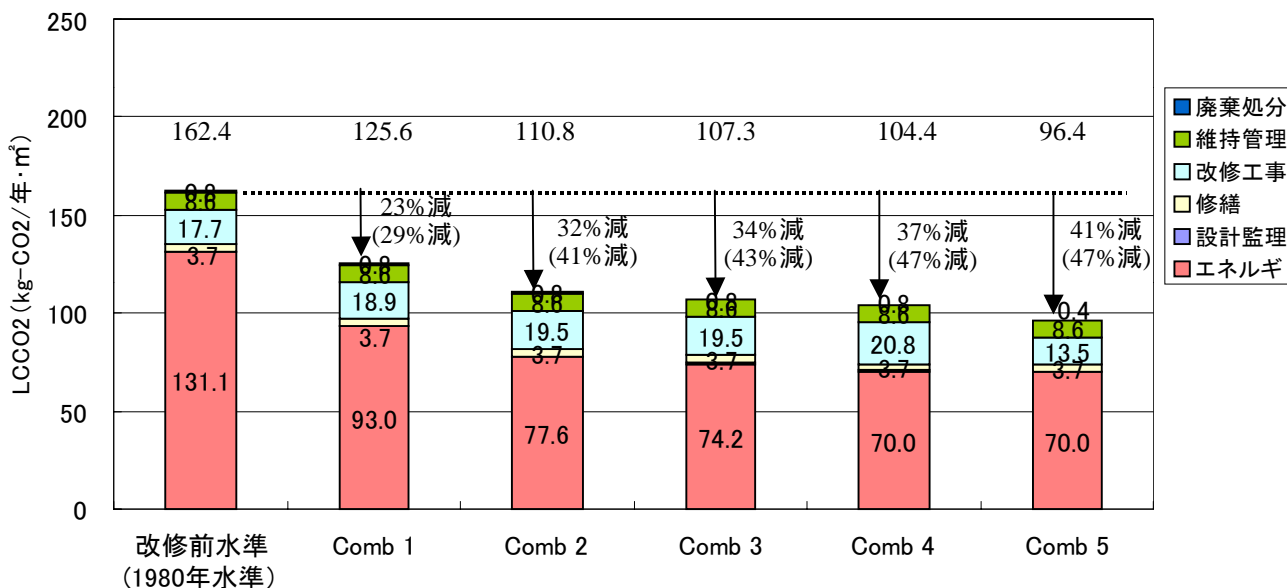
図 4.12 ライフサイクル評価 (新築時)

改修時の冷房設備なしを前提としたライフサイクル評価を図 4.13 に示す。改修工事では残存寿命が短いため、新築時以上に LCC 低減の効果を出すことが難しい。また、新築時同様に対策のグレードが上がるとはならず、IC と RC の増減バランスにより、図 4.13 の通り $LCC(Comb2) < LCC(Comb3, Comb4)$ と逆転が起きる。Comb 4 に関しては改修前水準よりも LCC が大きくなり、残存寿命の期間中に初期投資分を回収することはほぼ難しいことが示された。

一方、 $LCCO_2$ は対策組み合わせのグレードの向上に応じて減少する傾向であり、Comb 5 では、改修前水準と比べて $LCCO_2$ 全体で 41%減、エネルギー起源（運用 CO_2 排出量起源）で 47%減を見こむことが出来る。



(1) LCC (千円/年・㎡、図上部数値は総計値、()は改修前水準に対する 100%率)



(2) $LCCO_2$ (kg- CO_2 /年・㎡、図上部数値は総計値、()は運用 CO_2 排出量の比率)

図 4.13 ライフサイクル評価 (改修時)

(3) 効果試算(費用対効果)

新築時、改修時の各対策組み合わせの効果の具体的な数値を表 4. 21、表 4. 22 にまとめる。この表により、1kg-CO₂を減らすために必要な投資額、投資した費用を低減されたエネルギー費で回収するまでにかかる年数などがわかる。

新築時、Comb 5 の投資回収年数で 15.5 年、1kg-CO₂削減に必要な投資額で 433 円/(kg-CO₂/年)となる。また、本検討で設定した改修工事は、新築工事に比べて改修前水準と改修後水準の建築仕様に大きな差があるため、解体・撤去費用も含めて初期改修費用が高くなるが、暖房エネルギーにかかるコスト、空調設備機器の規模縮小などにより、LCC は Comb 4 を除いて減少する傾向となる。

表 4. 21 対策組み合わせ毎(新築時)の費用対効果

項目	現行水準	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	単位
建築イニシャルコスト差額	0	0	1,208	18,292	18,292	32,639	千円
設備イニシャルコスト差額	0	2,252	-124	-8,126	-1,855	-8,801	千円
イニシャルコスト差額	0	855	411	3,858	6,238	9,047	円/㎡
イニシャルCO ₂ 増減量	0	4	4	-10	-1	15	kg-CO ₂ /㎡
ランニングコスト差額	0	-117	-127	-376	-469	-584	円/年・㎡
ランニングCO ₂ 増減量	0	-3	-4	-13	-15	-22	kg-CO ₂ /年・㎡
LCC差額	0	-48	-115	-385	-272	-476	円/年・㎡
LCCO ₂ 増減量	0	-3	-3	-13	-15	-21	kg-CO ₂ /年・㎡
単純投資回収年数	-	7.3	3.2	10.3	13.3	15.5	年
CO ₂ 回収年数	-	1.2	1.1	-0.7	0.0	0.7	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	310	123	300	415	433	円/(kg-CO ₂ /年)

表 4. 22 対策組み合わせ毎(改修時)の費用対効果

項目	改修前水準 (1980年水準)	Comb 1	Comb 2	Comb 3	Comb 4	Comb 5	単位
建築イニシャルコスト差額	0	16,483	18,448	35,807	52,463	52,463	千円
設備イニシャルコスト差額	0	8,274	11,886	11,160	8,182	8,182	千円
イニシャルコスト差額	0	9,395	11,512	17,824	23,015	23,015	円/㎡
イニシャルCO ₂ 増減量	0	29.6	40.4	40.6	72.8	72.8	kg-CO ₂ /㎡
ランニングコスト差額	0	-636.1	-870.3	-915.3	-969.8	-969.8	円/年・㎡
ランニングCO ₂ 増減量	0	-38.1	-53.4	-56.9	-61.1	-61.1	kg-CO ₂ /年・㎡
LCC差額	0	-135.7	-230.3	-35.5	70.7	-1838.4	円/年・㎡
LCCO ₂ 増減量	0	-36.9	-51.6	-55.1	-58.0	-66.0	kg-CO ₂ /年・㎡
単純投資回収年数	-	14.8	13.2	19.5	23.7	23.7	年
CO ₂ 回収年数	-	0.8	0.8	0.7	1.2	1.2	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	255	223	323	397	349	円/(kg-CO ₂ /年)

最後に新築時、改修時の各対策組み合わせの「運用 CO₂ 排出量」、「LCCO₂」、「LCC」、「IC」を現行水準（改修前水準）を 100%とした場合の増減率として表 4.23（表 4.24）にまとめる。

新築時の場合、運用 CO₂ 排出量、LCCO₂ は対策組み合わせのグレードが上がるに連れて、低減する傾向となる。一方、LCC の値は Comb 3, 5 で高い低減効果が出ている。費用対効果は Comb 2 で最も優れた値をとるが、運用 CO₂ 排出量の現行水準に対する低減率が 10%以下となっており、LCCO₂ の低減率も 5%以下である。

また、Comb 3～5 の対策組み合わせは断熱仕様として外断熱工法を採用したものであり、室内温熱環境の向上が期待できる。

上記の比較内容から、環境負荷低減効果が高く、LCC の低減率が高い Comb 3, 5 今後の整備対象となる新築建物に適用する水準と設定し、第 2 編の指針における指標の目標値の根拠とする。

また、費用対効果の観点から Comb 3 は原則的に適用する水準、Comb 5 は特に環境調和型建物として重点整備する建物に適用する水準とする。

表 4.23 対策組み合わせ毎（新築時）の指標値（現行水準からの増減率）

	Comb 1	Comb 2	Comb 3 (水準1)	Comb 4	Comb 5 (水準2)	単位
運用CO ₂ 排出量	-2.6%	-3.2%	-10.9%	-12.9%	-18.5%	
LCCO ₂	-1.6%	-2.0%	-7.5%	-8.8%	-12.2%	
LCC	-0.2%	-0.5%	-1.7%	-1.2%	-2.1%	
IC	0.3%	0.2%	1.5%	2.4%	3.4%	
単純投資回収年数	7.3	3.2	10.3	13.3	15.5	年
1kg/CO ₂ 削減にかかる初期費用	310	123	300	415	433	円/(kg/CO ₂)・年

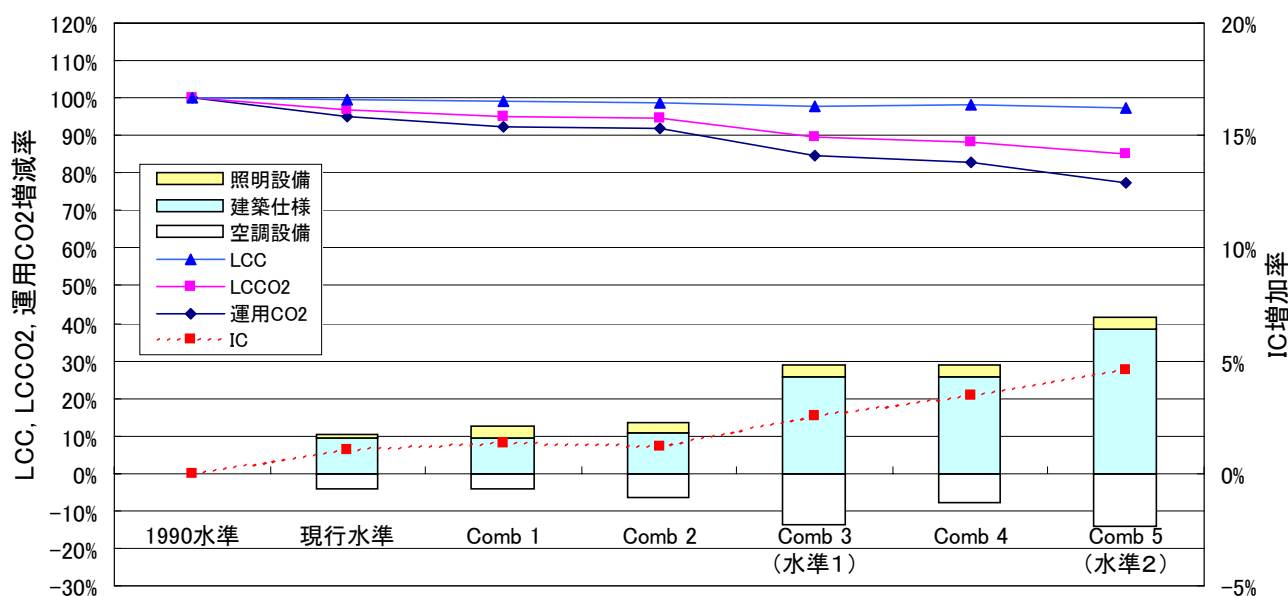


図 4.14 対策組み合わせ毎の指標値（新築時）

改修時の場合、運用 CO₂ 排出量の低減率は全ての組み合わせで約 30%以上となり、組み合わせのグレードが上がる毎に低減率も高くなる。LCCO₂ も同様の傾向が見て取れる。一方、LCC に関しては、Comb 3 の低減率が小さく、Comb 4 では LCC が増加する傾向となる。Comb 4 では断熱仕様を外断熱工法としているため、初期投資額が大きく、25 年の残存寿命でそれを回収することはほぼ難しい。

一方、Comb 4 と同様の対策を施し、残存寿命を 50 年とした Comb 5 では長寿命化の効果が顕著に現れ LCCO₂、LCC は大幅に低減する。外断熱工法などの大規模な改修工事を行う場合は、用途変更等も含んだ建物の長寿命化対策を併せて行う事により、高い環境負荷低減効果が得られることが示された。単純投資回収年数では Comb 1,2,5 で高い効果が得られており、LCC の値も同様の傾向である。

上記の比較内容より、環境負荷低減効果が期待でき、LCC の低減率が高い Comb 1, 2 及び用途変更などの長寿命化を前提とした Comb 5 を、第 2 編の指針における指標の目標値の根拠とする。また、費用対効果の観点から Comb 1 は原則的に適用する水準、Comb 2 は特に環境調和型建物として重点整備する建物に適用する水準とする。

表 4.24 対策組み合わせ毎（改修時）の指標値（改修前水準からの増減率）

	Comb 1 (水準1)	Comb 2 (水準2)	Comb 3	Comb 4	Comb 5 (水準3)	単位
運用CO ₂ 排出量	-29.0%	-40.8%	-43.4%	-46.6%	-46.6%	
LCCO ₂	-22.7%	-31.8%	-33.9%	-35.7%	-40.6%	
LCC	-0.8%	-1.4%	-0.2%	0.4%	-11.4%	
IC	16.4%	20.1%	31.2%	40.3%	40.3%	
単純投資回収年数	14.8	13.2	19.5	23.7	23.7	年
1kg/CO ₂ 削減にかかる費用	255	223	323	397	349	円/(kg/CO ₂)・年

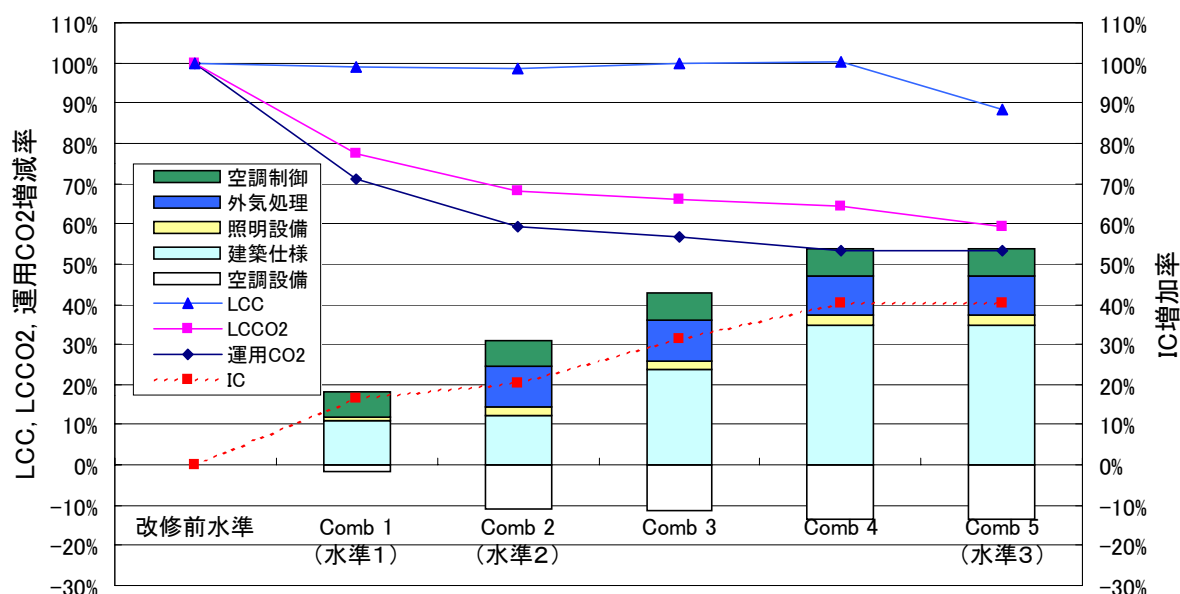


図 4.15 対策組み合わせ毎の指標値（改修時）

4.4 庁舎における各種環境負荷低減手法と効果

4.4.1 環境負荷低減技術要素における検討項目

個別要素技術を庁舎モデルに適用した場合の年間一次エネルギー消費量への影響度分析を行う。空調によるエネルギー消費量の算出はHASP/ACLD、HASP/ACSS (HASP/ACLD；空調便覧の最大負荷計算法に準拠して作成された熱負荷計算ソフト、HASP/ACSS；HASP/ACLDの結果を利用する空調システムシミュレーションソフト、「空気調和衛生工学便覧」；空気調和衛生工学会編)を用いる。

空調負荷の算出は

- 壁、床、窓、天井からの貫流負荷
- 換気による外気負荷
- すきま風によるすきま負荷
- 日射取得熱
- 照明、人体発熱、機械発熱などの内部発熱

の集計結果として算出する。HASP/ACSSは365日、24時間の気象データ(拡張アメダスデータ2000)を用いる年間空調エネルギー消費量計算であり、空調立ち上がり時のピーク負荷なども再現する。

検討する要素を表4.25に示す。また、建築仕様に関しては各要素(断熱厚、ガラス材料、サッシ気密性)によるバランスを考え、表4.26の組み合わせを検討対象とする。

表 4.25 検討項目

要素		項目	検討項目	備考
区分				
立地条件	1	地域	青森、弘前、八戸、むつ	方位による影響も同時に検討
	2	方位	東、西、南、北(方位は単独で評価せず)	他の要素と複合して評価
建築仕様	3	断熱仕様	内断熱：20、30、50mm(外壁) 外断熱：50、80mm	方位による影響も同時に検討。 断熱材：吹付硬質ウレタ(外壁、屋根)
	4	ガラス仕様	単層透明(3mm)、複層透明(3+6+3mm)、 複層 Low-e(6+12+6mm)	方位による影響も同時に検討
	5	庇	なし、横庇(庇深さ:0.3m、0.5m)	方位による影響も同時に検討
	6	サッシ気密性	気密機構無し、気密パッキン、気密機構付	気密機構なしの場合 0.2 回/h
空調方式	8	換気方式	第3種機械換気、全熱交換器経由、 外調機経由	空調方式とあわせて検討
	9	空調方式	System 0~4(表4.27)	
制御	10	照明方式	一般型蛍光灯、Hf型蛍光灯 Hf型蛍光灯・初期照度補正及び昼光利用制御	
その他	11	負荷平準化	氷蓄熱	単独の項目として解析
	12	自然エネルギー利用	太陽光発電、風力発電、ナイトパーズ	単独の項目として解析
	13	その他の自然エネルギー利用	太陽熱集熱、井水利用熱源	単独の項目として解説

太陽光発電における詳細な検討は第3章を参照。

表 4.26 建築仕様の組み合わせ (表 4.8 再掲)

建築仕様	断熱仕様				ガラス仕様	サッシ 気密性
	外壁		屋根			
	断熱位置	断熱厚(mm)	断熱位置	断熱厚(mm)		
Type 0	内断熱	20	外断熱	30	単層ガラス	気密機構無し
Type 1		30		50		
Type 2						
Type 3	外断熱	50	80	複層ガラス	気密 パッキン	
Type 4		80				
Type 5				Low-e ガラス	気密機構付	

断熱材は Type 0 でポリスチレン発泡板、それ以外の仕様で硬質ウレタンフォーム相当とする。

表 4.27 空調方式 (表 4.12 再掲)

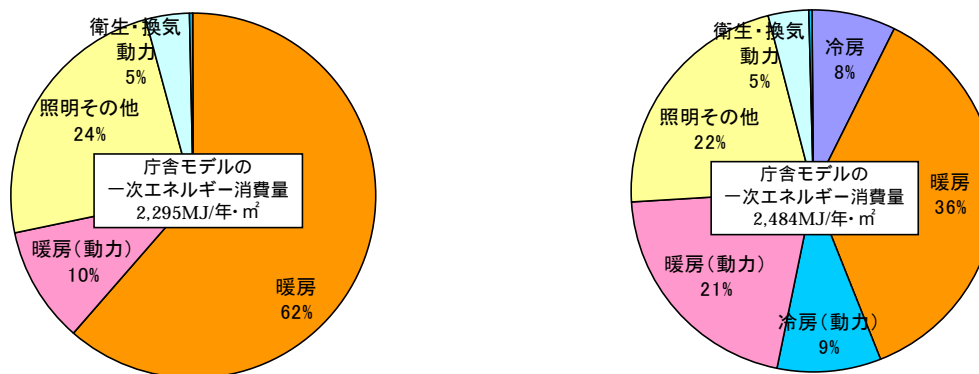
空調方式	冷房の有無	ペリメーター処理	インテリア処理	自動制御	換気・外気処理方式
System 0	無し	ファンコンベクター		風量制御の 有無を選択	なし (第3種換気)
System 1		ファンコイル			CAV (定風量)
System 2	有り	ファンコイル		CAV / CWV	空調機による中央式
System 3		VAV (変風量)		VAV / VWV	
System 4		VAV (変風量、全空気式)			

VAV(CAV)を採用する場合は、同時にポンプの変流量制御 VWV (定流量制御 CWV) も採用する。

ライフサイクル評価における比較の基準とする条件を表 4.28 に示す。また、基準ケースのエネルギー消費量の内訳を図 4.16 に示す。以下、次頁より要素技術毎の検討結果を示す。

表 4.28 基準ケース

	改修時	新築時
地域	青森	
事務室窓面方位	南	
建築仕様	Type 0	Type 1
空調方式	System 0	System 2
熱源方式	温水ボイラー	油焚き吸収式冷温水発生機
庇	なし	
全熱交換器の有無	なし	
照明方式	一般型蛍光灯	



(1) 基準ケース (改修)

(2) 基準ケース (新築)

図 4.16 基準ケースにおける一次エネルギー消費量の内訳

室内環境は、その建物が建つ場所の気候に大きな影響を受ける。青森県内においても図 4. 17 のように地域による外部環境には大きな差異があり、この気候特性は冷房設備の要否や自然換気、太陽光発電の効果を検討する上で大きな要因となる。ここでは、各地域の気候特性を検討し、冷房設備の要否や自然換気、ナイトパーージなどの採用検討の手助けとなる資料を示す。

・日最低気温月平均、水平面全天日射量

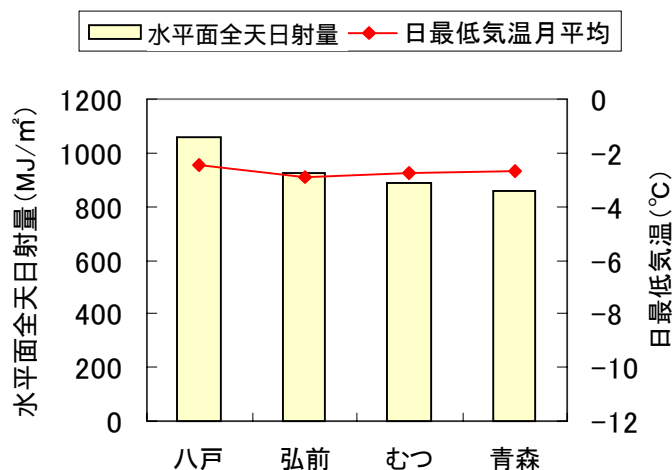


図 4. 17 各地域の気象条件

・不快指数

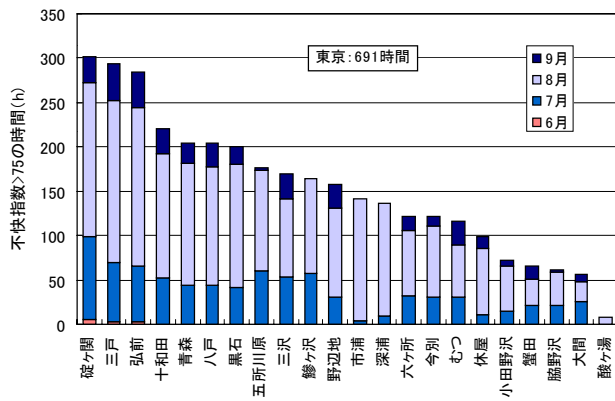
一般的な温熱感指標 DI (Discomfort Index、不快指数) を用いて、地域毎の夏期の室内環境を評価する。DI は ET (Effective temperature、有効温度) の一部を数式化した夏期の暑熱不快頻度を表す指標で下式により算出される。

$$DI = 0.72(t_d - t_w) + 40.6 \quad (1)$$

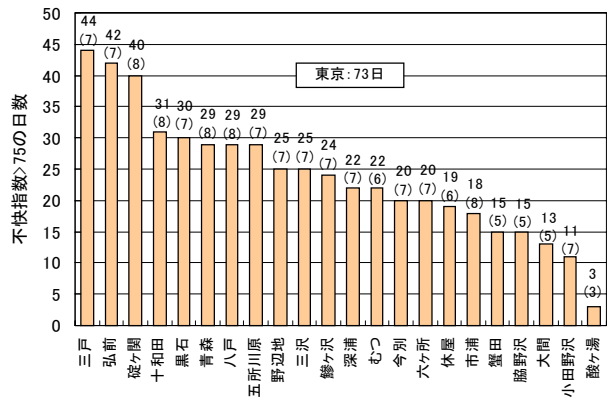
この指標は乾球温度と湿球温度のみの関数で、気流速や放射温度を反映するものではないが、暑熱環境の評価を行うには有用な指標であり、その値は下記のように評価される。

- DI > 70 10%の割合で不快を訴える。
- DI > 75 50%の割合で不快を訴える。(やや暑い)
- DI > 80 100%の割合で不快を訴える。(暑くて汗ばむ)
- DI > 85 100%の割合で不快を訴える。(暑くて耐えられない)

この指標と拡張アメダスデータを用い、庁舎の執務時間である 9 時 ~ 18 時の不快指数を通年で算出し、不快指数が DI > 75 となる時間と日数を積算した。算出結果を図 4. 18 に示す。



1) DI > 75 となる時間の積算時間



2) DI > 75 となる時間が1時間でも出現する日数 (括弧内の数字は積算時間を日数で割った数字)

図 4.18 不快指数 DI の算出結果

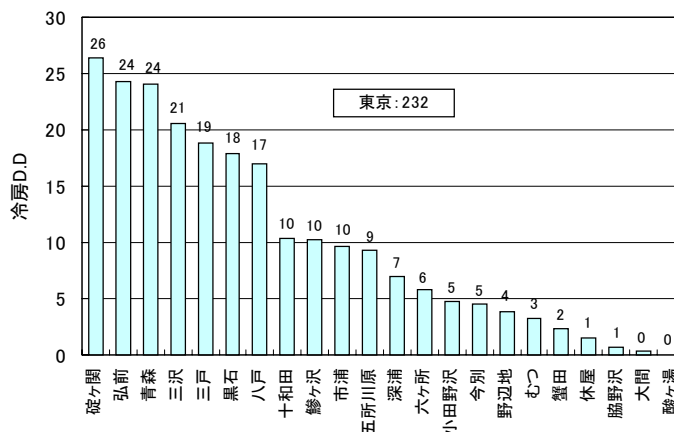


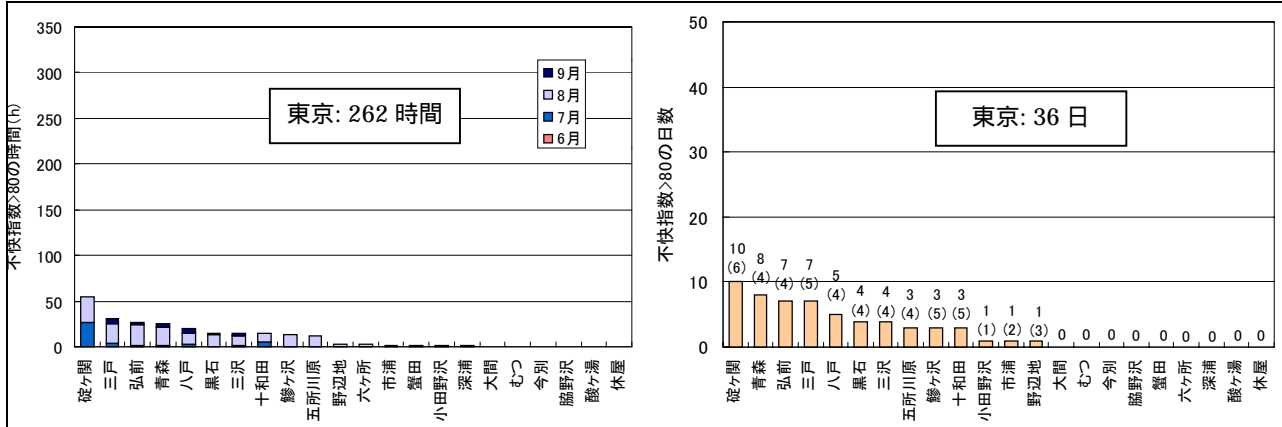
図 4.19 冷房ディグリーデイ

図 4.18 より、山間部を除いた県南部地域で「不快指数の高い時間」が長くなる傾向となる。(不快指数) > 75 となる時間が1時間でもある日数を図 4.18, 2)に示す。また、総積算時間(図 4.18, 1))をこの日数で割った、不快日の平均不快時間を図 4.18, 2)括弧内に示す。平均不快時間は概ね5時間以上であり、青森県全域において、不快日は一日中、不快な時間が続く傾向が示された。

図 4.19 に冷房 D.D(24)の地域差を示す。冷房 D.D と不快時間は概ね同じ傾向である。但し、冷房 D.D は一日の平均温度を対象とする指標であるため、昼間にどんなに不快であっても、夜に涼しければその値は緩和される。一方、不快指数は各時間を対象とする指標であるため、昼夜で温度差の高い地域では不快時間の積算値に比べて冷房 D.D は低い傾向となる。

図 4.21 に示す通り、青森県は関東地方などと比べて昼夜間の外気エンタルピー差が大きく、冷房 D.D からだけで冷房設備導入の可否を問うことは難しい。冷房設備の導入は不快時間が長く、冷房 D.D も大きい地域が対象となるが、ナイトページなどの手法により、昼夜間の温度差を効率的に用いることができれば、さらに冷房の要求を緩和することが可能となる。

参考に DI>80 となる時間を計算すると、DI>75 となる時間に比べて格段と短くなる(図 4.20)。DI>85 となる時間は1時間も算出されない(東京でも0時間)。



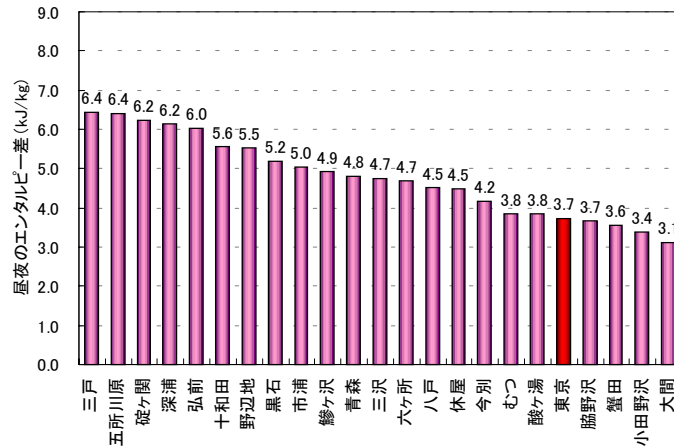
1) DI>80 となる時間の積算時間

2) DI>80 となる時間が1時間でも出現する日数

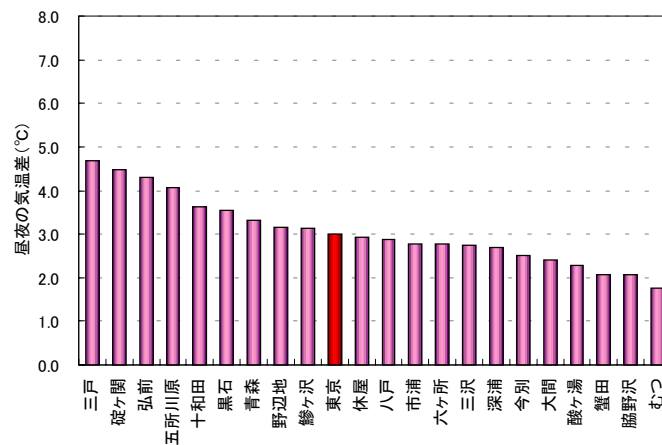
(括弧内の数字は積算時間を日数で割った数字)

図 4.20 不快指数 DI の算出結果

(青森県内で DI>85 となる時間は年間通じて1時間もない)



1) 8月の昼夜のエンタルピー差 (昼、9～18時、夜22～8時)



2) 8月の昼夜の温度差 (昼、9～18時、夜22～8時)

図 4.21 青森県各地の昼夜の室外環境の差

基準ケースの地域を青森、弘前、八戸、むつとした場合と、基準ケースの方位を東・西・南・北と変化させた場合の熱負荷の差異を図 4. 22、図 4. 23 に示す。

寒い場所では、冷房負荷が下がり、暖房負荷が大きくなる傾向が見られるが、その差は大きくはない。また、学校建築の場合と異なり、建物の方向性が明確でない庁舎建築では、方位による空調エネルギーの差も余り大きくはない。熱源容量を算定するためのピーク負荷計算の結果では、冬期の日射取得熱による暖房負荷の緩和を見込まないため、方位による差異は現われていない。

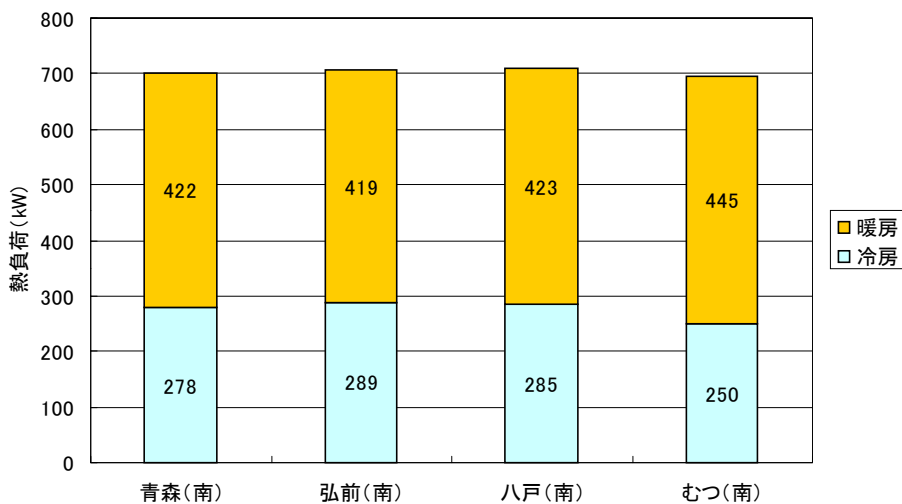


図 4. 22 地域による空調負荷の差 (方位：南)

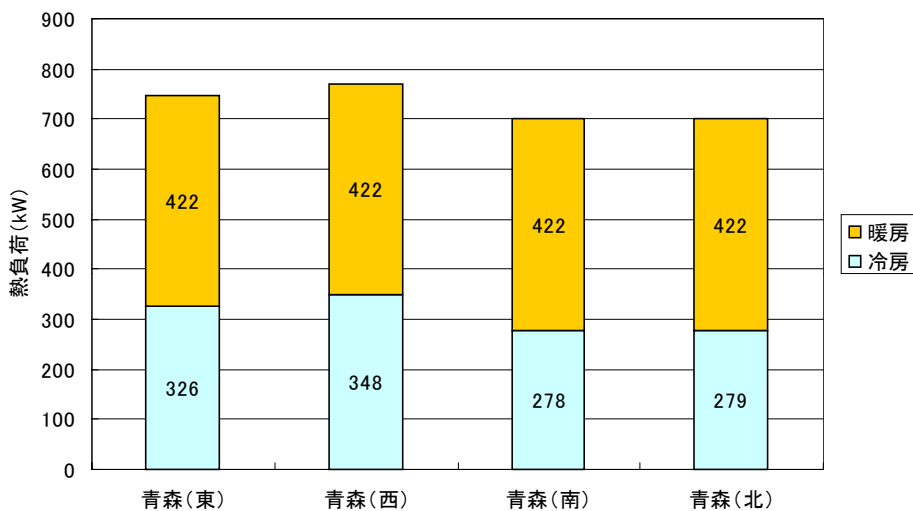


図 4. 23 方位による空調負荷消費量の差異 (地域：青森)

暖房負荷計算では日射所得熱量による負荷低減は安全側として見込まないため、方位によって差があらわれない。

建築仕様を断熱強化の観点から変更した場合の空調に関わる一次エネルギー消費量の変化を示す。建築仕様は表 4.29 の組み合わせに関して検討する。建築仕様以外の計算条件は表 4.28 の改修時基準ケースとする。

表 4.29 建築仕様の組み合わせ (表 4.8 再掲)

建築仕様	断熱仕様				ガラス仕様	サッシ気密性	総合熱損失係数 (W/)
	外壁		屋根				
	断熱位置	断熱厚 (mm)	断熱位置	断熱厚 (mm)			
TYPE 0	内断熱	20	外断熱	30	単層ガラス	気密機構無し	3,697
TYPE 1		30		50			
TYPE 2		30		50			
TYPE 3	外断熱	50	外断熱	75	複層ガラス	気密パッキン	2,392
TYPE 4		50		75			
TYPE 5		80		100			

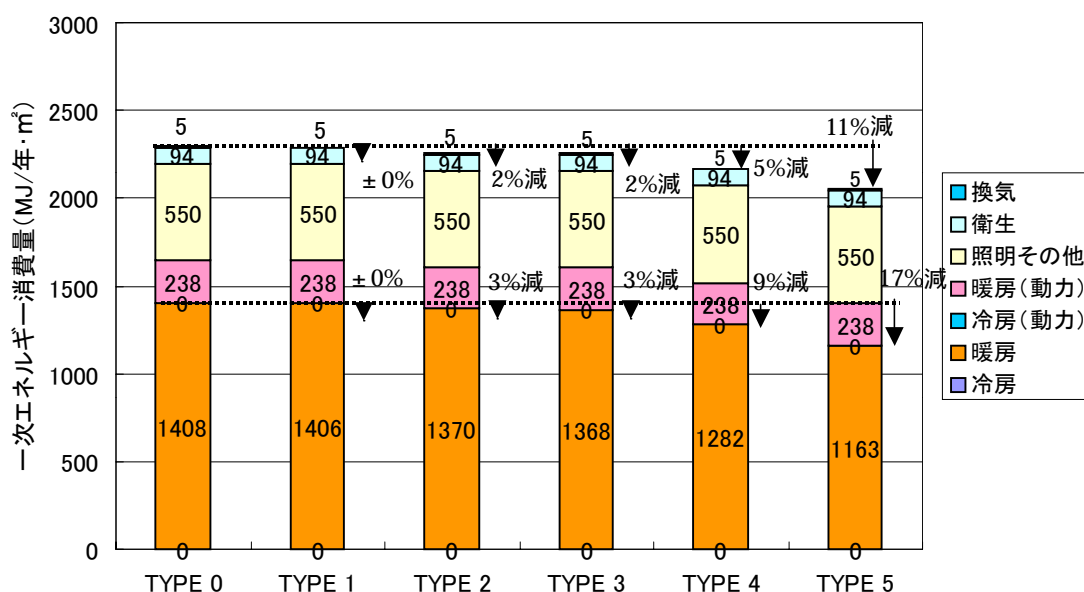


図 4.24 各建築仕様による一次エネルギー消費量 (MJ/年・m²、空調方式は System0)

表 4.30 建築仕様による費用対効果 ([Type 0]を基準として算出)

項目	TYPE 0	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5	単位
一次エネルギー消費量	2,295	2,293	2,257	2,254	2,169	2,049	MJ/年m²
建築インシヤルコスト差額	0	4,436	16,483	18,448	35,807	52,463	千円
設備インシヤルコスト差額	0	-698	-2,581	-3,507	-3,961	-5,822	千円
インシヤルコスト差額	0	1,418	5,276	5,670	12,086	17,700	円/m²
インシヤルCO2増減量	0	3.4	21.1	24.2	23.8	47.5	kg-CO2/m²
ランニングコスト差額	0	-1.8	-35.2	-37.3	-116.4	-226.8	円/年・m²
ランニングCO2増減量	0	-0.1	-2.7	-2.9	-9.0	-17.5	kg-CO2/年・m²
LCC差額	0	43.9	135.0	134.4	303.4	387.7	円/年・m²
LCCO2増減量	0	0.1	-1.5	-1.4	-7.5	-14.7	kg-CO2/年・m²
単純投資回収年数	-	797.1	150.0	152.1	103.8	78.0	年
CO2回収年数	-	24.9	7.8	8.4	2.7	2.7	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	-9756.7	3493.7	4067.8	1617.6	1206.6	円/(kg-CO2/年)

空調方式を既存庁舎の基準ケースである System0（暖房のみ、空調機無し）にした場合、断熱仕様の強化により、暖房に要する燃料消費量は最大で 17%程度低減される。これを庁舎モデル全体での一次エネルギー消費量に換算するとおおよそ 11%程度の低減率である（図 4. 24）

図 4. 25 には新築時基準ケースの建築仕様を変化させた場合の一次エネルギー消費量の推移を示す。新築時基準ケースにおいては、冷房運転も考慮されている。図 4. 25 より、Type0 Type1では空調の一次エネルギー消費量は 1%の低減、TYPE0 TYPE2 で 7%低減される。また、Low-e ガラス・気密機構のサッシを用いた TYPE5 では、空調の一次エネルギー消費量が 16%低減し、庁舎全体のエネルギー消費量に換算した場合は 7%の低減となる。冷房に要するエネルギーの消費量は建築仕様の違いによって余り変化しない。費用対効果を見ると、TYPE4 の投資回収年数が飛び抜けて長い。これより比較的高価な外断熱建物を計画する場合は、外壁のみならず TYPE5 程度に他の高断熱対策も同等に行わなければ、効果が少ないことがわかる。

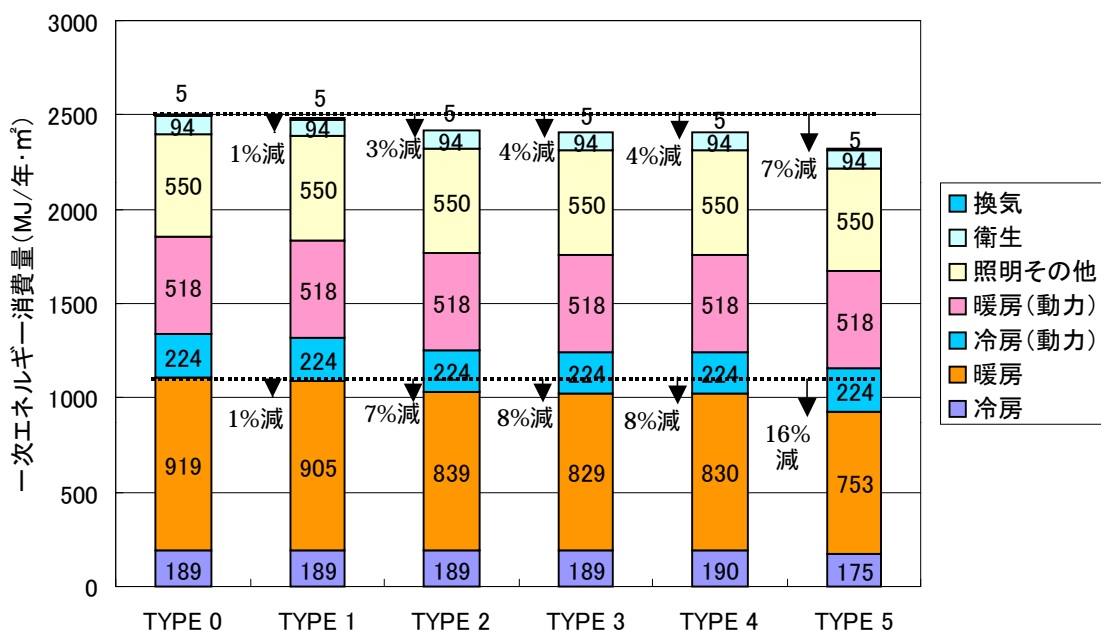


図 4. 25 各建築仕様による一次エネルギー消費量 (MJ/年・㎡、空調方式は System2)

表 4. 31 建築仕様による費用対効果 ([Type 1]を基準として算出)

項目	TYPE 0	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5	単位
一次エネルギー消費量	2,499	2,484	2,419	2,408	2,410	2,319	MJ/年㎡
建築イニシャルコスト差額	-2728	0	10800	12008	29092	43439	千円
設備イニシャルコスト差額	1793	0	-4834	-7210	-8376	-13154	千円
イニシャルコスト差額	-355	0	2264	1821	7862	11493	円/㎡
イニシャルCO2増減量	-1	0	13	13	11	30	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	14	0	-60	-70	-68	-153	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	1	0	-5	-5	-5	-12	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	21	0	-52	-118	105	92	円/年・㎡
LCCO2増減量	1	0	-4	-5	-4	-10	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	-	37.5	26.0	115.3	75.2	年
CO2回収年数	-	-	2.7	2.4	2.2	2.6	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	-	574.7	401.1	1778.9	1159.4	円/(kg-CO2/年)

空調方式以外の計算条件を表 4. 28 の新築時基準ケースとし、空調方式を変化させた場合の一次エネルギー消費量の変化を示す。冷房設備を運用しない場合と、運用する場合に関してそれぞれ検討する。

表 4. 32 空調方式 (表 4. 12 再掲)

空調方式	冷房の有無	ペリメーター処理	インテリア処理	自動制御	換気・外気処理方式
System 0	無し	ファンコンベクター		風量制御の有無を選択	なし (第3種換気)
System 1					外調機による中央式
System 2	有り	ファンコイル	CAV (定風量)	CAV / CWV	空調機による中央式
System 3			VAV (変風量)	VAV / VWV	
System 4		VAV (変風量、全空気式)			

VAV(CAV)を採用する場合は、同時にポンプの変流量制御 VWV (定流量制御 CWV) も採用する。

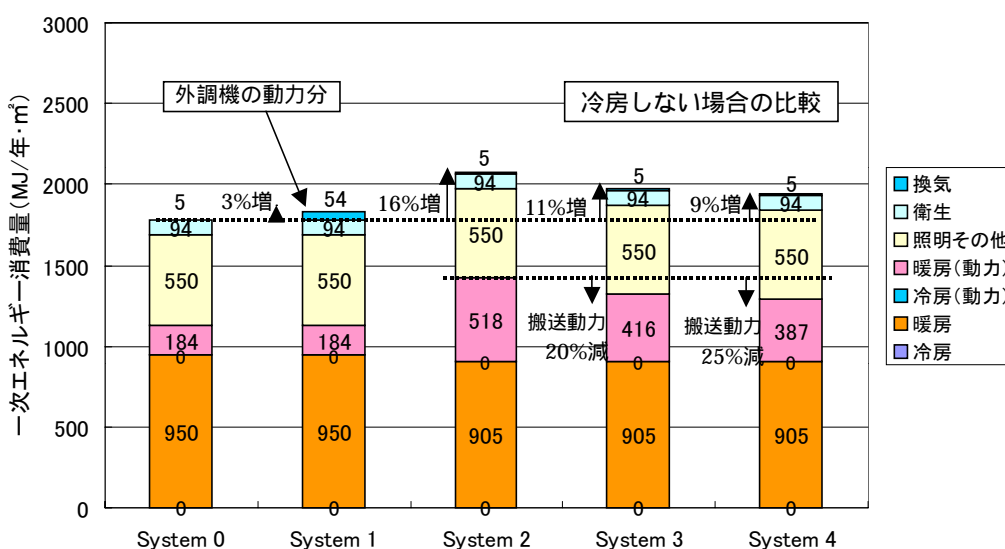


図 4. 26 空調方式による一次エネルギー消費量の変化 (冷房運転なし)

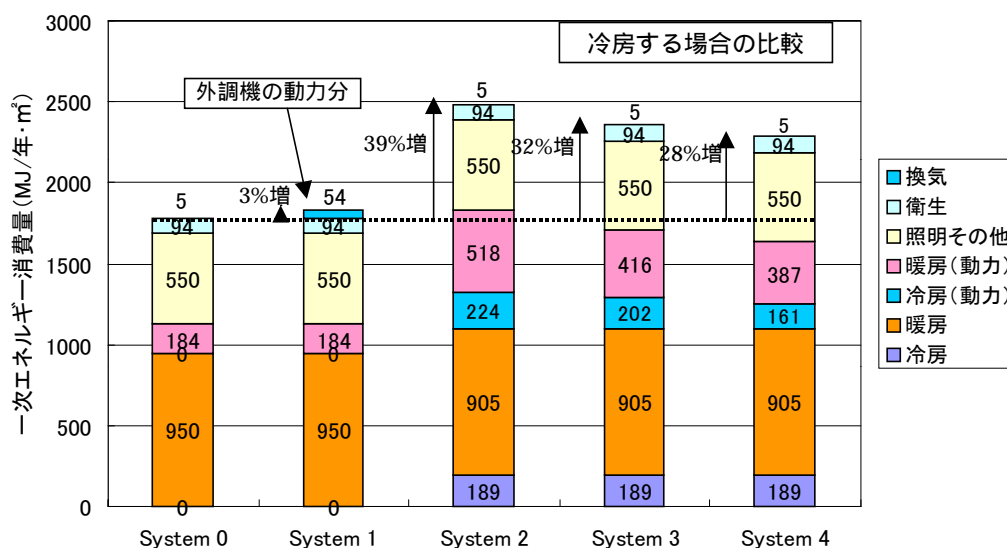


図 4. 27 空調方式による一次エネルギー消費量の変化 (冷房運転有り)

温水ボイラーによるファンコンベクター運転のみとなる System 0, 1 では空調機によるファン動力がないため、ファン動力のある System 2, 3, 4 に比べて一次エネルギー消費量の値は小さくなる。

System 3, 4 では VAV による変風量制御を行っているため、搬送動力の低減が図られている。庁舎のエネルギー消費の内訳に占める搬送動力の割合は大きく、System 4 では System 2 に比べて、搬送動力で 25%の低減、一次エネルギー消費量全体で 6%の低減が見込まれる。

System 0 を基準とすると（冷房なし）、イニシャルコスト、ランニングコスト共に System 0 が最も低くなる。但し、System 0 は実質的な換気設備が不十分であり、今後の室内空気環境計画として新たに採用されるシステムではない。そこで、System 2 を基準として冷房が無い場合、有る場合でそれぞれ比較する。冷房がある場合、System 4（全空気式）の System 2 を基準とした場合の投資回収年数は 15.9 年となる。

表 4.33 空調方式による費用対効果（System0 を基準、冷房なし）

項目	System 0	System 1	System 2	System 3	System 4	単位
一次エネルギー消費量	1,782	1,831	2,071	1,969	1,940	MJ/年㎡
建築イニシャルコスト差額	0	0	0	0	0	千円
設備イニシャルコスト差額	0	9,907	75,589	75,589	86,506	千円
イニシャルコスト差額	0	3,760	28,687	28,687	32,830	円/㎡
イニシャルCO2増減量	0	12.6	107.4	107.4	121.3	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	0	65	668	535	497	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	0	1.7	8.4	4.9	3.9	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	0	357	2,860	2,728	3,012	円/年・㎡
LCCO2増減量	0	2.0	10.6	7.1	6.3	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	-	-	-	-	年
CO2回収年数	-	-	-	-	-	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	-	-	-	-	円/(kg-CO2/年)

表 4.34 空調方式による費用対効果（System2 を基準、冷房有り、無し）

項目	冷房なし			冷房有り			単位
	System 2	System 3	System 4	System 2	System 3	System 4	
一次エネルギー消費量	2,071	1,969	1,940	2,484	2,360	2,290	MJ/年㎡
建築イニシャルコスト差額	0	0	0	0	0	0	千円
設備イニシャルコスト差額	0	0	10,917	0	0	10,917	千円
イニシャルコスト差額	0	0	4,143	0	0	4,143	円/㎡
イニシャルCO2増減量	0	0	14	0	0	14	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	0	-133	-171	0	-164	-261	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	0	-4	-5	0	-4	-7	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	0	-133	152	0	-164	61	円/年・㎡
LCCO2増減量	0	-4	-4	0	-4	-6	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	0.0	24.3	-	0.0	15.9	年
CO2回収年数	-	0.0	3.0	-	0.0	2.0	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	0	965	-	0	638	円/(kg-CO2/年)

System2, System3 の差額は CAV、VAV ユニットの差額であるが、本検討では導入コストを同額として検討している。

熱源方式の違いによる一次エネルギー消費量の変化を吸収式冷温水機（A 重油、都市ガス）電気式（空気熱源ヒートポンプチラー、氷蓄熱ユニット）の 4 種類で比較する。電気の一次エネルギー消費量原単位は大きいですが、油・ガス式の吸収式冷温水機に比べて機器効率が優れているため、一次エネルギー消費量は年間合計でわずかながら減少する。氷蓄熱ユニットは夜間製氷時の効率が冷水生成時と比較して若干劣るが、夜間電力の一次エネルギー原単位が小さいため、空気熱源ヒートポンプチラーと比べてほぼ同等の数値となる。ガス式の場合、熱源機器の費用は A 重油の場合と変わらないが、ランニングコスト面で A 重油と比べて不利になる。現在の A 重油価格が安価であるため、ランニングコストで他の方式が上回ることはないが、環境負荷の観点では他の方式が圧倒的に優れており、また A 重油の価格高騰が今後に予測されることも考慮すると、現状ではコスト面で劣る方式でも計画時には導入を検討する必要がある。

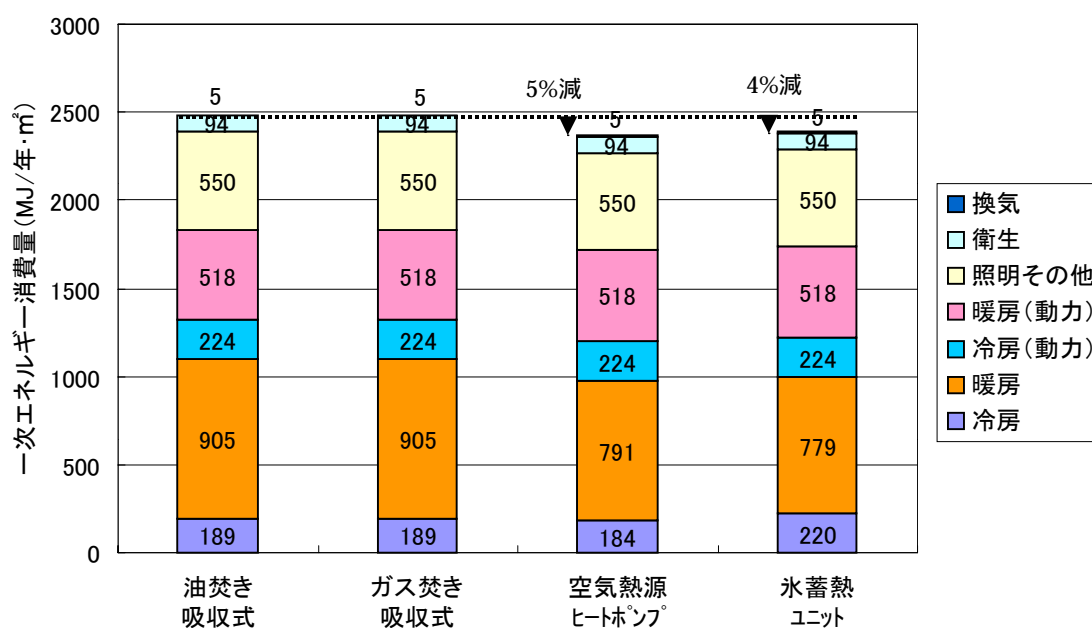


図 4.28 熱源種類を変化した場合の一次エネルギー消費量 (MJ/年・㎡)

表 4.35 熱源の費用対効果

項目	油焼き吸収式	ガス吸収式	空気熱源ヒートポンプチラー	氷蓄熱ユニット	単位
一次エネルギー消費量	2,484	2,484	2,365	2,390	MJ/年㎡
イニシャルコスト差額	0	0	17352	18198	円/㎡
イニシャルCO2増減量	0	0	58	64	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	0	2525	1103	704	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	0	-24	-44	-42	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	0	2525	2453	2137	円/年・㎡
LCCO2増減量	0	-24	-43	-41	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	0.0	-	-	年
CO2回収年数	-	0.0	1.3	1.5	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	0	406	443	円/(kg-CO2/年)

全熱交換器（交換効率を 50%と想定）にて、外気負荷を低減させた場合に関して検討する。新築時基準ケース（建築仕様；TYPE 1、空調方式；System2）にて算出した結果を下記に示す。冷房時は外気条件が室温よりも下がる時間が多く、全熱交換器の効果はほとんど見込めない。

全熱交換器は空調機に組み込めるため、イニシャルコストを余り上げることなく採用が可能な技術である。また、全熱交換器は外気負荷を半減させるため、空調設備容量を低減することができ、新築基準ケース（建築仕様 TYPE 1）の場合では 30%近く熱源容量が下がる。このため、熱源機器のコスト低減分が、全熱交換器の導入費用に勝り、設備イニシャルコストは導入時点で回収済みとなる。ただし、断熱強化を行った建物に全熱交換器を導入する場合は、冷房負荷にて熱源容量が決定する場合もあるので、十分な注意を要する。

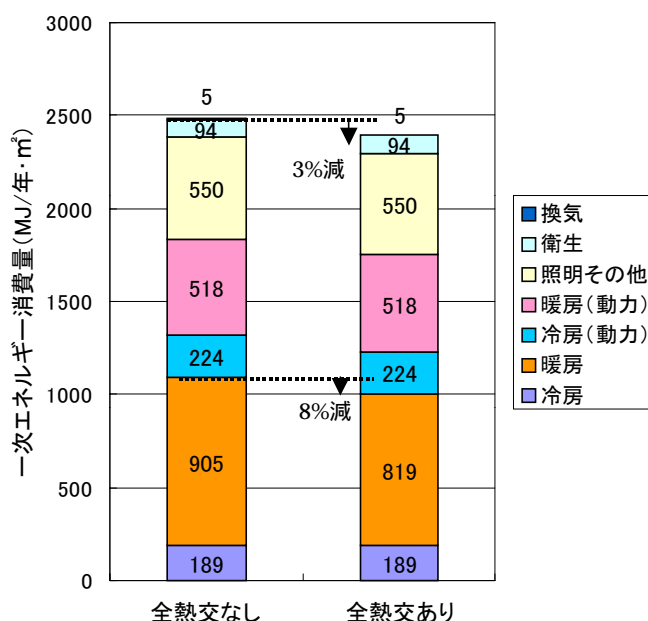


図 4.29 全熱交換器の有無による一次エネルギー消費量の低減 (MJ/年㎡)

表 4.36 全熱交換器の費用対効果

項目	全熱交換器 無し	全熱交換器 有り	単位
一次エネルギー消費量	2,484	2,398	MJ/年㎡
イニシャルコスト差額	0	-2,157	円/㎡
イニシャルCO2増減量	0	-9	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	0	-80	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	0	-6	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	0	-242	円/年・㎡
LCCO2増減量	0	-6	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	-27.0	年
CO2回収年数	-	-1.4	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	-341	円/(kg-CO2/年)

照明方式の選択による一次エネルギー消費量の低減量を示す。基準ケース（一般型蛍光灯）と Hf 型蛍光灯、光センサーによる調光制御（初期照度補正、昼光利用制御）を盛り込んだ場合について検討する。

昼光利用制御を行うことによる一次エネルギー消費量の削減量は非常に大きい。庁舎全体でのエネルギー消費量全体に占める照明の割合が学校よりも低いため、全体の割合としては 6%程度に留まる。また、学校と異なり、事務室で両面採光が取れないこと、冬期夜間の 100%点灯時間が増えることなどの影響で、昼光利用による電力消費量削減率はやや低めとなる。Hf 型蛍光灯を採用した場合の投資回収年数は 3.5 年。光センサーを入れ照度補正と昼光利用を行った場合、投資回収年数は 5.4 年となり、1kg-CO₂を削減するのに必要な投資額は 279 円と低い価格になる。

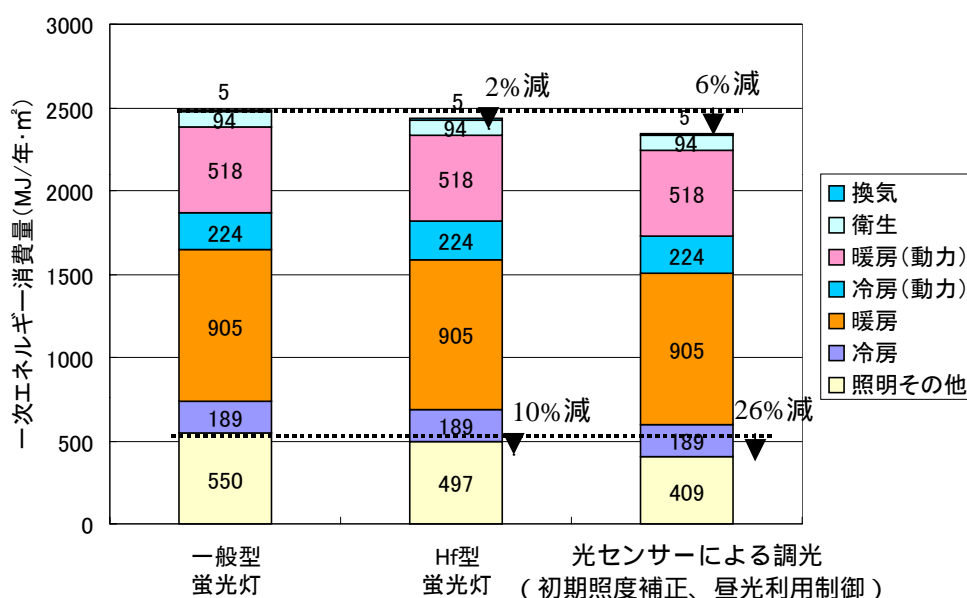


図 4.30 照明方式の違いによる一次エネルギー消費量 (MJ/年㎡)

表 4.37 照明方式の費用対効果

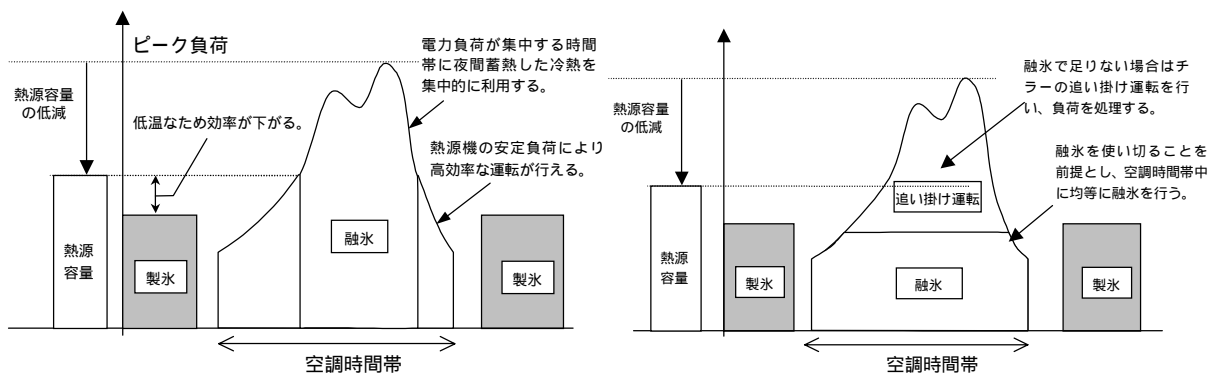
項目	一般型 蛍光灯	Hf型 蛍光灯	光センサー	単位
一次エネルギー消費量	2,484	2,431	2,343	MJ/年㎡
イニシャルコスト差額	0	416	1,285	円/㎡
イニシャルCO ₂ 増減量	0	0	4	kg-CO ₂ /㎡
ランニングコスト差額	0	-119	-236	円/年・㎡
ランニングCO ₂ 増減量	0	-2	-5	kg-CO ₂ /年・㎡
LCC差額	0	-86	-134	円/年・㎡
LCCO ₂ 増減量	0	-2	-5	kg-CO ₂ /年・㎡
単純投資回収年数	-	3.5	5.4	年
CO ₂ 回収年数	-	0.0	0.8	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	226	279	円/(kg-CO ₂ /年)

負荷平準化の手法としては、 昼間に必要な熱を夜間に蓄熱し、必要な時に取り出して利用する蓄熱システムと、 ガス熱源の利用による電力負荷平準化が主にあげられる。ここでは 蓄熱システムに関して検討を行う。

蓄熱システムの一般的な目的は負荷平準化による熱源機器容量の削減、熱源の安定的運転による効率向上などである。また、蓄熱システムは夏期の電力負荷の平準化にも貢献するため、電力会社では「蓄熱調整契約」や「ピーク時間調整契約」など、夜間の蓄熱用電力需要に対して安価な料金設定を行っており、建物用途、空調システムの規模、空調需要の頻度などによってはランニングコスト低減にも寄与するシステムである。青森県における現状の空調熱源は油熱源が主流であるため、蓄熱システムは電力負荷平準化の目的で導入されるよりは、LCC 及び LCCO₂ の低減が主な目的となる。但し、将来的にはガス・油料金の高騰も考えられ、負荷平準化の手法として検討することも重要である。

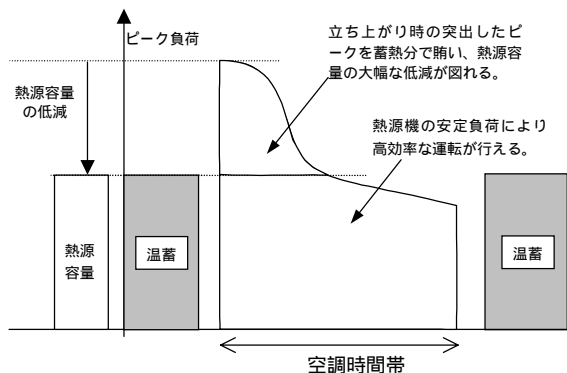
蓄熱システムとして最も一般的な氷蓄熱の運用方法にも様々な形態がある。オフィスビルで夏期に一般的に採用される手法は、熱源を夜間も運転して蓄熱層に製氷し、昼間の空調運転時間帯にその融氷熱を利用して冷水を供給する方式である。融氷熱の使い方も、ピーク時のみに集中的に融氷するピークカット方式と、空調時間帯に平均的に融氷するピークシフト方式とがある。両方式を併用し、前日に製氷した氷を必ず使い切るような運転制御もよく行われる。

一方、冬期に関しては温蓄槽で顕熱蓄熱を行う。冬期の日負荷パターンは、間欠運転であれば立ち上がり時に突出したピーク負荷が現われる。このピーク時の負荷を温蓄槽の熱で補えば、熱源容量の大幅な削減と一日を通して高負荷高効率の安定運転が可能となる。



(1) 夏期ピークカット運転

(2) 夏期ピークシフト運転



(3) 冬期運転パターン

図 4.31 氷蓄熱システムの運転パターン

蓄熱式熱源システムの手法は建物用途、規模、地域等により様々である。「(4) 熱源方式」では、最も汎用的な例として空気熱源ヒートポンプチャラーによる氷蓄熱ユニットを 3,000 m²庁舎モデルに導入した場合の検討を行った。ここでは、油焚き吸収式冷温水機を基準とした費用対効果を算出し、氷蓄熱ユニットのLCCが油焚き吸収式冷温水機よりも高くなることを示した(表 4.35)。

本節ではガス式、電気式と蓄熱式を比較する。表 4.38、表 4.39 より氷蓄熱ユニットのLCCは両方式よりも低くなる結果となる。主な理由としては下記の3項目があげられ、これによりイニシャルコストの増分が補われている。

- 蓄熱槽による熱源の分散により熱源容量の低減が図られる。
- 蓄熱槽による熱源の分散により高効率な機器の運転が可能となる。
- 夜間電力の利用により、ランニングコストの低減が図られる。

ここでは、蓄熱式熱源システムを標準的な庁舎において単体で評価したが、他の熱源機器と組み合わせることにより建物用途、負荷パターンなどに応じた複雑な制御バリエーションを構築し、安定で低コスト、効率的で信頼性の高い空調運用が可能となる。

表 4.38 蓄熱式熱源方式の費用対効果(ガス焚き吸収式冷温水機との比較)

項目	ガス焚き 吸収式	氷蓄熱 ユニット	単位
一次エネルギー消費量	2,484	2,390	MJ/年m ²
イニシャルコスト差額	0	18,198	円/m ²
イニシャルCO ₂ 増減量	0	64	kg-CO ₂ /m ²
ランニングコスト差額	0	-1,821	円/年・m ²
ランニングCO ₂ 増減量	0	-18	kg-CO ₂ /年・m ²
LCC差額	0	-388	円/年・m ²
LCCO ₂ 増減量	0	-17	kg-CO ₂ /年・m ²
単純投資回収年数	-	10.0	年
CO ₂ 回収年数	-	3.5	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	1078	円/(kg-CO ₂ /年)

表 4.39 蓄熱式熱源方式の費用対効果(空気熱源ヒートポンプチャラーとの比較)

項目	空気熱源 ヒートポンプチャラー	氷蓄熱 ユニット	単位
一次エネルギー消費量	2,365	2,390	MJ/年m ²
建築イニシャルコスト差額	0	0	千円
設備イニシャルコスト差額	0	2229	千円
イニシャルコスト差額	0	846	円/m ²
イニシャルCO ₂ 増減量	0	6	kg-CO ₂ /m ²
ランニングコスト差額	0	-400	円/年・m ²
ランニングCO ₂ 増減量	0	1	kg-CO ₂ /年・m ²
LCC差額	0	-315	円/年・m ²
LCCO ₂ 増減量	0	2	kg-CO ₂ /年・m ²
単純投資回収年数	-	2.1	年
CO ₂ 回収年数	-	-	年
1kg-CO ₂ 削減に必要な投資額	-	-	円/(kg-CO ₂ /年)

ここで検討する風力発電設備は、風力発電プラントで用いられるような大口径の風車ではなく、モニュメント的な規模での導入(図 4.32)を前提とし、カットイン風速が低い風車を対象とする。

発電風速域は2~12m/sで、風速に対する発電量を図 4.33 に示す。強風時はコントローラーにて自動的に風車の回転数が制御される。通常、12m/s 時の発電量は730W 程度であり、24V 電源として供給される。これを家庭用の100V 交流電源に変換する場合はインバーターを介する。バッテリーの電圧が低下した場合は、自動的に商用電源に切り替えて利用する。青森県の主要な地域における年間風力発電量を図 4.34 に示す。

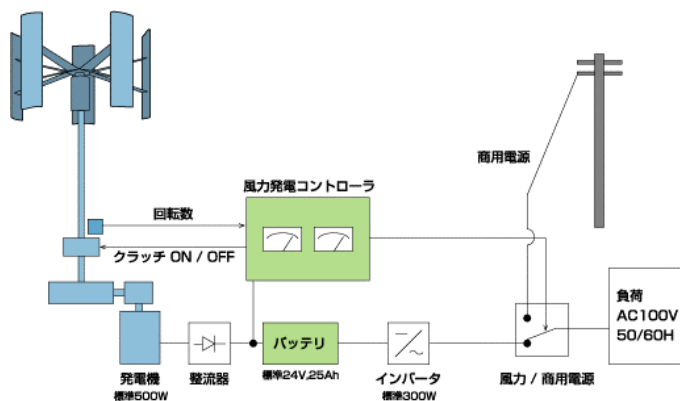


図 4.32 発電用風車(システム構成)

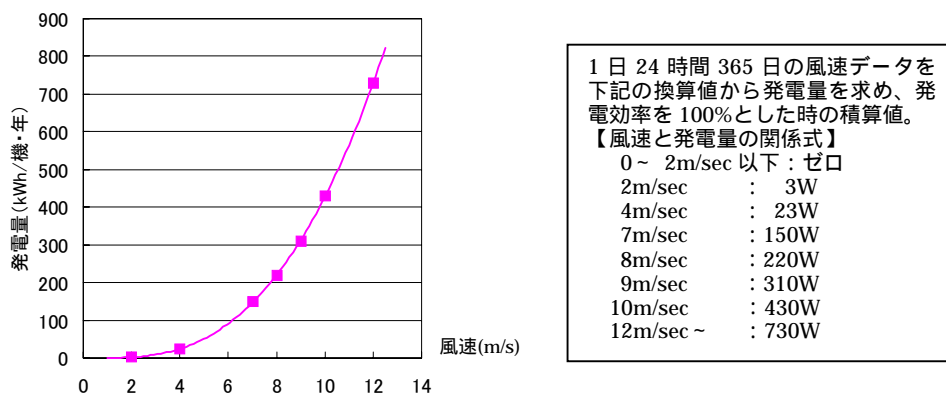


図 4.33 小規模発電用風車の風速と発電量の関係(定格出力 0.7 kW)

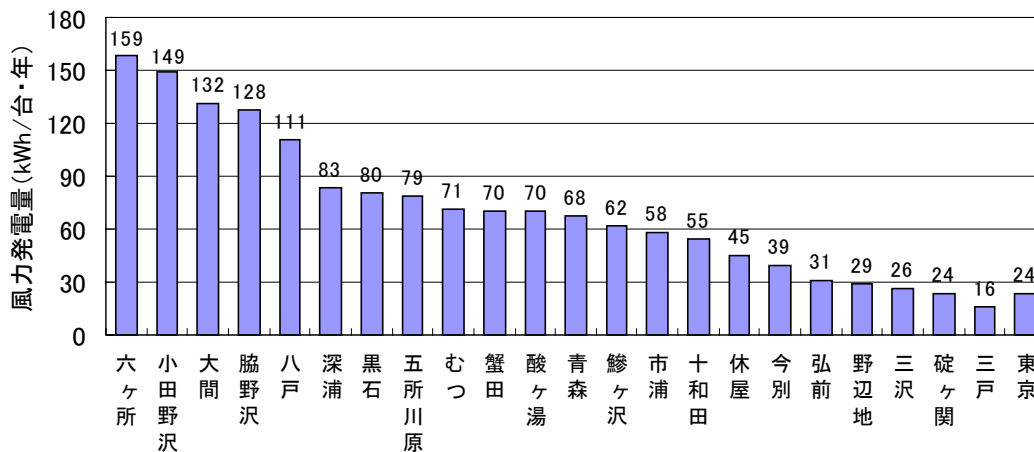


図 4.34 青森県各地での風力発電量

主要地域の風速頻度分布を図 4. 35 に示す。カットオフ風速が 2m/s のため、弘前のように 2m/s 以下での風速の内訳が大きい地域では風車による発電は余り見込めない。これらのデータはあくまで気象データを用いた予測であり、局所的な風環境を考慮したものではないが、庁舎施設で記念碑的に導入する風力発電設備で投資回収することは一般的にも困難といえる。海岸沿いや山間部などの比較的高風速な風が安定して吹く場所に、大型の発電用風車を導入することで風力発電の事業としての可能性は膨らむ。

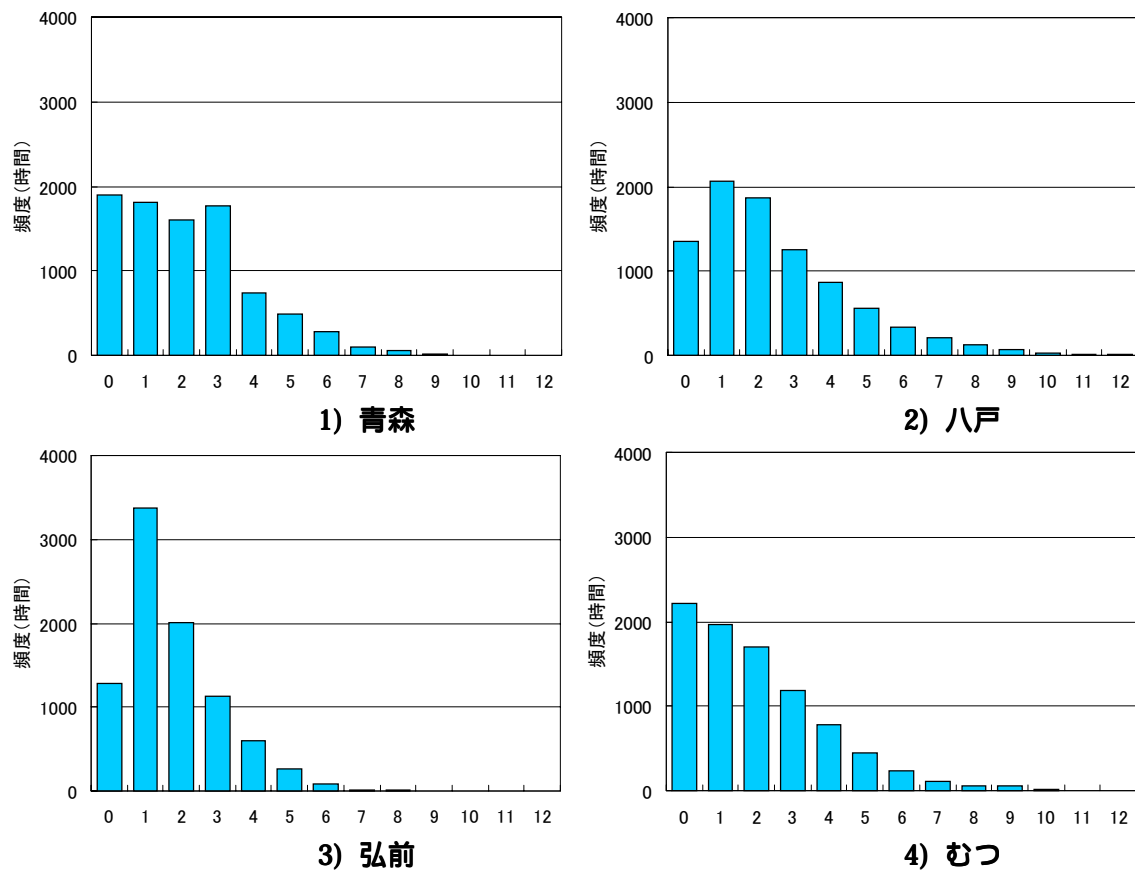


図 4. 35 青森県の主要都市の風速頻度分布 (m/s)

表 4. 40 風力発電の費用対効果 (青森の例を示す)

項目	風力発電 無し	風力発電 有り	単位
イニシャルコスト差額	0	354	千円/基
イニシャルCO2増減量	0	641	kg-CO2/基
ランニングコスト差額	0	-0.93	千円/年・基
ランニングCO2増減量	0	-24.3	kg-CO2/年・基
LCC差額	0	27	千円/年・基
LCCO2増減量	0	27.3	kg-CO2/年・基
単純投資回収年数	—	381	年
CO2回収年数	—	26	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	—	—	円/(kg-CO2/年)

イニシャルコスト増がイニシャルコストに当たる。
補助金なしの想定でコスト計算をしている。

ナイトパーズは夜間に自然換気を行い、涼しい外気を導入することで、翌日の冷房負荷を低減させる手法である。青森県では冷房設備を導入しない事例もあるが、ナイトパーズは「冷房設備がない場合には室内温熱環境の改善」を、「冷房設備がある場合には冷房負荷低減による省エネルギー」を目的とする手法である。ナイトパーズの効果を算定するためには、夜間に自然換気をどの程度の量、どのように取り込むかが重要である。ここでは機械設備を用いるのではなく、自然換気によるナイトパーズを想定する。

青森県の代表的な地域におけるナイトパーズの効果を以下の条件より算定する。結果を図 4.36 に示す。

対象季節を 5-10 月（夏期）、対象時間を 22 時～8 時と想定する。降雨時は行わない。

アメダスデータを利用し、室内条件（室内温度 26℃、室内湿度 50%と想定）とのエンタルピー差を比較する。

換気回数を 1 回/h と想定し、換気量を計算する。

上記条件よりナイトパーズによる効果、条件を満たすナイトパーズ可能時間を算出する。

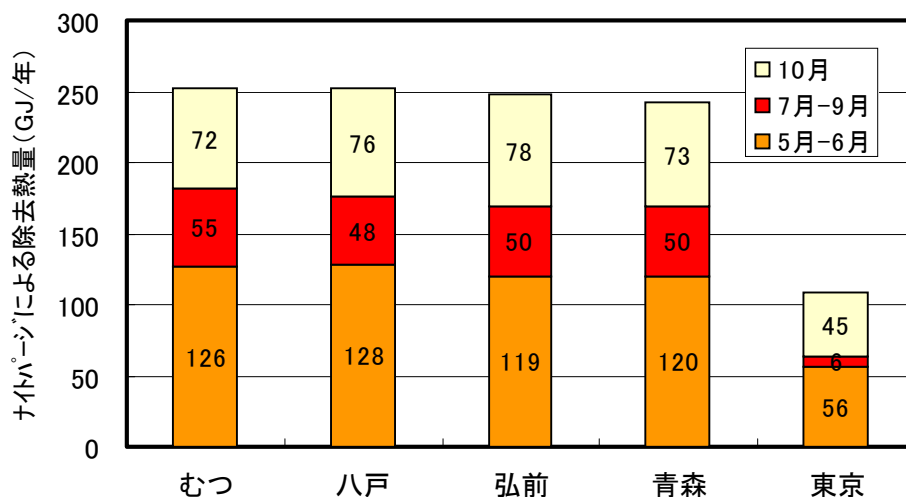


図 4.36 ナイトパーズによる月別除去熱量 (GJ/年)

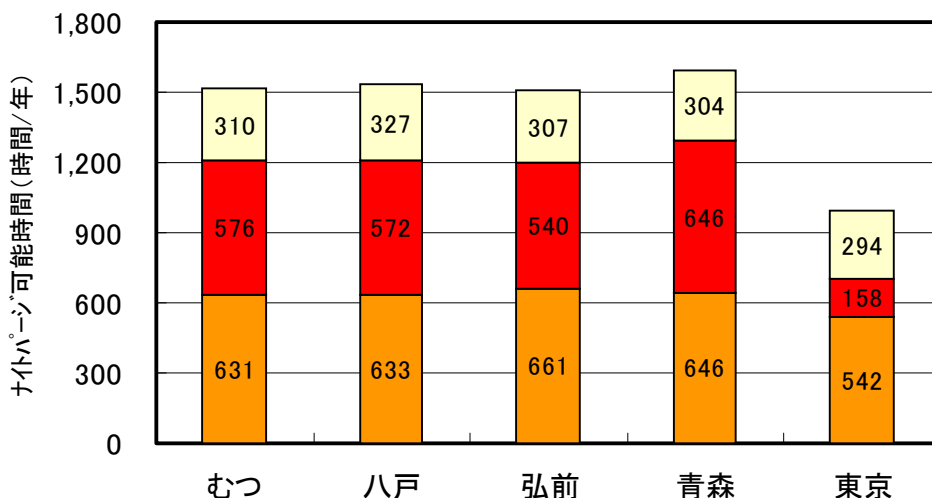


図 4.37 ナイトパーズ月別可能時間 (時間/年)

図 4. 37 より、青森県では東京などに比べてナイトパーズが可能な時間が長いことがわかる。特に冷房期間である7月～9月においてはその差が大きく、東京でのナイトパーズ可能時間に比べて3～4倍程度の時間で条件を満たす。また図 4. 36 より、青森県ではナイトパーズ可能条件時の外気エンタルピーが低いため、東京などに比べてナイトパーズにより見込まれる除去熱量も大きくなっている。

青森県では中間期に冷房を行わない施設が多いものの、内部発熱が大きい施設などでは実質的には冷房需要が発生している。中間期にナイトパーズを行い、躯体蓄熱負荷を除去することにより、青森県における中間期の室内環境は大いに改善されることが期待できる。

ここで、青森市におけるナイトパーズの費用対効果を算出する。冷房期間を7-9月と限定し、下記の手順により、費用対効果を算出する。図 4. 38 だけを見ると実質的な効果が少なく思えるが、繰り返すように青森県では中間期において非常に高い効果を有するといえる。

年間冷房負荷から の効果（7-9月分）を差し引く

ナイトパーズを行うための初期投資額はダクト設備の3%とする。

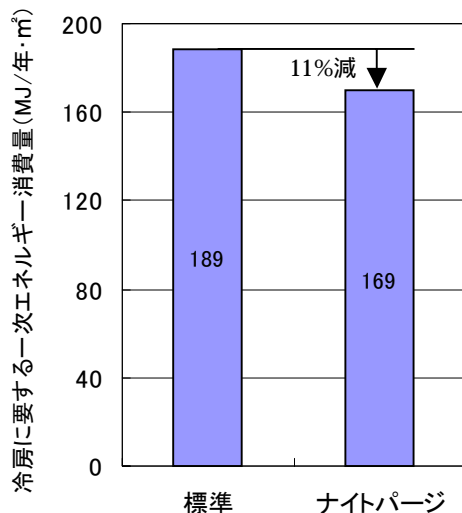


図 4. 38 冷房に要する一次エネルギー消費量

表 4. 41 ナイトパーズの費用対効果

項目	標準	ナイトパーズ	単位
冷房エネルギー	188.6	169.5	MJ/年・㎡
設備イニシャルコスト差額	0	210	千円
イニシャルコスト差額	0	79.7	円/㎡
イニシャルCO2増減量	0	1.3	kg-CO2/㎡
ランニングコスト差額	0	-18.8	円/年・㎡
ランニングCO2増減量	0	-1.4	kg-CO2/年・㎡
LCC差額	0	-12.0	円/年・㎡
LCCO2増減量	0	-1.3	kg-CO2/年・㎡
単純投資回収年数	-	4.2	年
CO2回収年数	-	0.9	年
1kg-CO2削減に必要な投資額	-	62.1	円/(kg-CO2/年)

高断熱化による保温効果と暖房負荷の軽減により、低温（約 30～50℃）の温水を熱源とする暖房設備が利用できる可能性が生まれる。

低温水利用の一般的特徴を下記に示す。

- 1) 低温度の温水を製造することで熱源の成績係数（COP）を高くし、投入エネルギーを抑えることができる
- 2) 太陽熱などの自然エネルギー、ボイラーや排水の排熱回収など未利用エネルギーの直接利用を行うことができる
- 3) 配管設備などへの負担を小さくすることができる
- 4) 室内の温度分布を均一に保つことができる
- 5) 配管、ダクトからの熱損失を抑えることができる

また、床暖房、天井や壁などからの放射暖房を活用できるシステム選定にあたっては低温水による暖房設備の特徴を生かすような計画となっていることを確認する。上記 2) のシステムに関して、代表的な自然エネルギーを用いた場合に関して記述する。

井水、河川水を活用

井水、河川水などをヒートポンプのヒートソースとし、高効率運転を可能とする間接利用の他、直接冷暖房に利用する直接利用が挙げられる。井水・河川水の他、温泉水の暖房利用も考えられる。

計画にあたっては、以下の点に留意する。

- ・熱交換部分の清掃・防食の検討が必要。
- ・温度変化による地下水、水域への影響の事前検討が必要。
- ・水質・水温・安定供給性などの事前調査が重要。

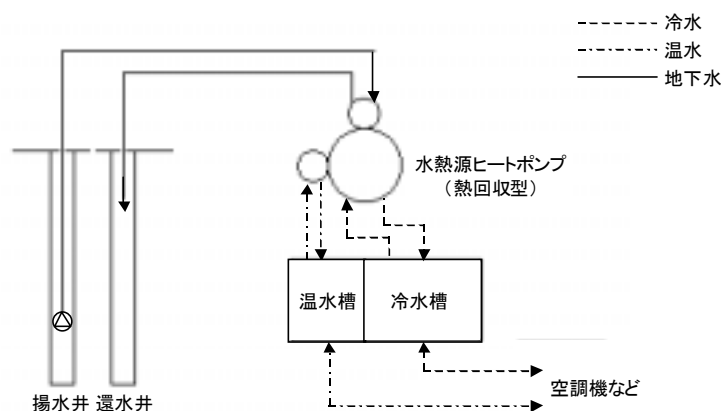


図 4.39 井水をヒートポンプのヒートソースとして利用するシステムの例

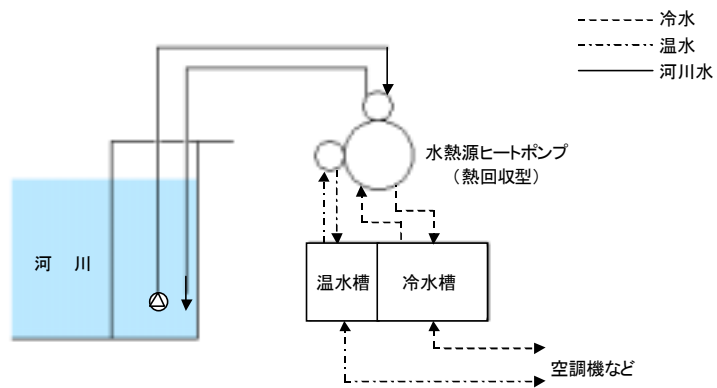


図 4.40 河川水をヒートポンプのヒートソースとして利用するシステムの例

太陽熱を活用

太陽熱をヒートポンプのヒートソースとして高効率運転する間接利用の他、太陽熱を利用した温水を直接暖房に利用する直接利用が挙げられる。夜間の大気放射をヒートシンクとして利用する例も挙げられる。原則として、加熱は昼間で、夜間は冷却のみとなり、温水タンクなどの蓄熱システムとの併用が必要。冬期の晴天が多い地域、昼夜の寒暖の差が大きい地域に適用性が高い。

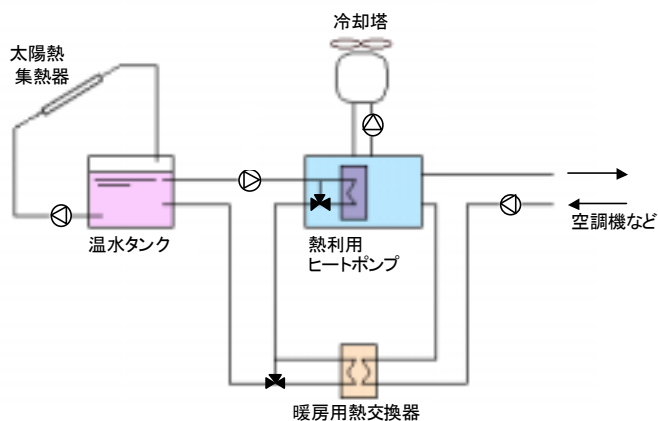


図 4.41 太陽熱をヒートポンプのヒートソースとして利用するシステムの例

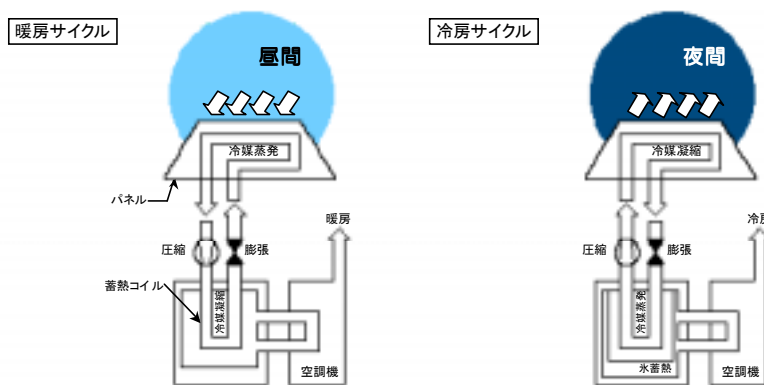


図 4.42 太陽熱をヒートソース、夜間の大気放射をヒートシンクとして利用するシステムの例

4.4.2 各対策技術の費用対効果

これまで個別に検証を行った技術要素別の 1kg-CO₂ 削減に必要な投資額をコスト順に整理した一覧を表 4.42 に示す。

費用対効果の傾向は学校建築の場合と概ね同じとなり、全熱交換器による熱回収、照明の調光制御などが優れた環境負荷低減技術としてあげられる。一方、断熱・窓ガラス仕様強化を行う建築仕様の対策では、1kg-CO₂ を削減するために 401～1,779 円の初期投資額を要するが、太陽光発電設備導入に比べると効率的に CO₂ 削減が可能である（太陽光発電の値は第 3 章を再掲）。

表 4.42 各対策の費用対効果

要素技術	1(kg-CO ₂ /年)削減に必要な投資額 (円/(kg-CO ₂ /年))	投資回収年数 (年)	CO ₂ 回収年数 (年)
全熱交換器	-341	-27	-1
ナイトパーズ	62	4	1
Hf型蛍光灯	226	4	0
光センサー制御	279	5	1
複層ガラス+断熱強化	401	26	2
氷蓄熱	443	—	2
複層ガラス	575	38	2
VAV	638	16	2
建築仕様総対策(Type 5)	1,159	75	3
外断熱(Type 4)	1,779	115	2
太陽光発電(蓄電池無し)	5,587	123	2
太陽光発電(蓄電池1H)	6,843	134	3
太陽光発電(蓄電池8H)	16,558	177	6
風力発電	—	381	26

費用対効果は、各種手法の導入により空調機器容量が低減した場合、そのマイナス効果を加味して算出している。

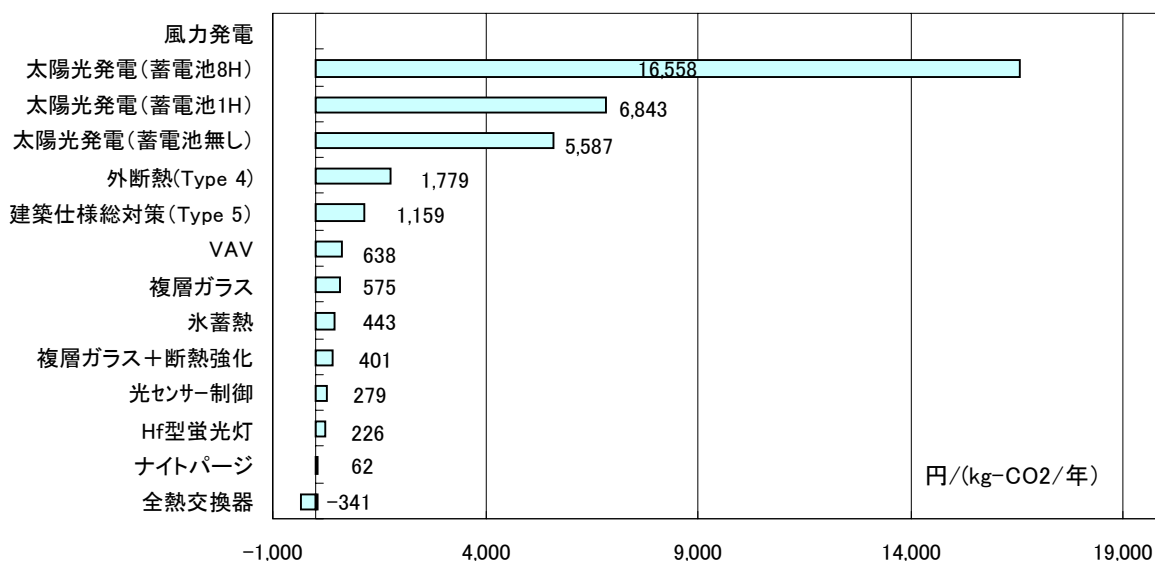


図 4.43 各対策の 1(kg-CO₂/年)削減に必要な投資額 (円/(kg-CO₂/年))

図 4.43 では一律に CO₂ 削減の年間投資額を算定しているが、各対策手法により耐用年数に違いがあることを考慮すると、寿命が相対的に短い(15～20年)設備機器と建築対策との差は縮まる傾向となる。