

LCEM（新築／既存）開発・普及委員会

平成 20・21 年度報告書

平成 22 年 3 月

社団法人 公共建築協会

## 目 次

はじめに	1
<b>第1章 LCEMの必要性和枠組み、普及・拡大方策の検討&lt;枠組み・運用検討部会報告&gt;</b>	
1. LCEM開発・整備の必要性	3
1.1 地球環境問題の深刻化	3
1.2 建築物におけるエネルギーマネジメントの実情	3
1.3 建築物ストック量	4
2. LCEMツールの開発・整備に関する活動経過	6
2.1 平成15年度・16年度の活動	6
2.2 平成17年度～19年度の活動	6
2.3 平成20年度・21年度の活動	8
3. LCEMの枠組み	9
3.1 LCEMの基本的枠組み	9
3.2 LCEMの適用イメージ、ならびにLCEMの適用フロー	12
3.3 LCEMツールの活用	15
4. LCEMの普及・拡大方策の検討	19
4.1 発注図書への必要記載事項の検討	19
4.2 既存機器特性の実用的設定方法の検討	19
4.3 熱負荷条件の実用的設定方法の検討	21
4.4 個別分散空調方式への適用の枠組み検討	22
文献リスト	24
付録1：「設計業務委託仕様書」への必要記載事項（案）	27
付録2：「工事発注仕様書」への必要記載事項（案）	29
<b>第2章 LCEMのための機器性能データ整備 &lt;機器性能データ整備WG報告&gt;</b>	
1. 概要	31
2. 機器性能調査の拡充	33
2.1 調査経緯、調査・公開機器数	33
2.2 調査対象機器	33
2.3 調査体制・手順	37
3. 機器性能データの汎用性の向上に関する検討	40
3.1 自動作図機能の付与	41
3.2 新たな調査票の作成	42
3.3 IPLVの確認	42
4. 機器性能データの管理およびメンテナンス体制の整備検討	44

4.1	機器性能データ管理	……	44
4.2	メンテナンス体制の確立とマニュアル化	……	44
4.3	調査票	……	46
5.	まとめ	……	57

付録

LCEMツール機器特性調査・オブジェクト作成マニュアル（案）	……	59
--------------------------------	----	----

**第3章 LCEMのためのツール整備 <ツール整備WG報告>**

1.	活動の概要	……	79
1.1	ツールの操作性向上の検討	……	79
1.2	ユーザーインターフェース（入出力支援ツール）の検討	……	80
1.3	オブジェクトおよびサンプルシステムの拡充	……	82
1.4	ユーザーサポート体制の検討について	……	82
2.	オブジェクト整備の概要	……	83
2.1	新規開発オブジェクト概要	……	83
2.1.1	新規開発オブジェクト	……	83
2.1.2	オブジェクトの改良・汎用モデルオブジェクトの開発	……	83
2.1.3	ラインナップの拡充	……	84
2.2	各オブジェクトの計算アルゴリズム	……	87
2.2.1	新規開発オブジェクト	……	87
2.2.2	汎用モデルの開発	……	114
2.2.3	既存モデルの改良	……	132
3.	ツール操作性向上のための機能整備	……	156
3.1	既存機器特性の補正機能（熱源機器全体）	……	156
3.2	エラー表示・判定機能	……	157
3.3	今後のオブジェクト改良案	……	159
3.3.1	オブジェクトの整理とコンパクト化	……	159
3.3.2	二次側システムの改良案	……	161
3.3.3	オブジェクト誤接続の検出機能	……	171
3.3.4	一次側～二次側中間ファイル構造の検討	……	173
3.3.5	LCEMツールの操作性向上のための検討	……	174
4.	ユーザーインターフェース（入力支援ツール等）の整備	……	177
4.1	システム構築支援ツール	……	177
4.1.1	ツール概要	……	177
4.1.2	ツール利用方法	……	178
4.2	サンプルシステムの属性入力支援ツール	……	183
4.2.1	電気式熱源システム	……	183
4.2.2	ガス式熱源システム	……	188
4.2.3	蓄熱システム	……	192
4.2.4	排熱回収システム	……	199
4.2.5	蒸気システム	……	203

4.2.6	二次側空調システム	.....	206
4.3	既存機器特性の設定支援ツール	.....	213
4.3.1	簡易測定による設定支援ツール	.....	213
4.3.2	詳細測定による設定支援ツール	.....	215
4.4	熱源機オブジェクト作成ツール	.....	217
4.4.1	ガス式熱源機（直だき吸収冷温水機）	.....	217
4.4.2	水冷式電気熱源機（遠心冷凍機・スクリーチャー）	.....	222
4.4.3	空冷式電気熱源機（空気熱源ヒートポンプ・チリングユニット）	.....	227
4.5	気象データ、熱負荷モードの活用支援ツール	.....	232
4.5.1	日本各都市の気象データの活用支援ツールの整備	.....	232
4.5.2	熱負荷条件等の入力支援ツール	.....	236
4.5.3	標準負荷モード活用支援ツールの整備	.....	239
5.	サンプルシステムを用いた試算例	.....	240
5.1	モデル建物と境界条件の設定	.....	240
5.2	基本システム	.....	243
5.2.1	ガス式熱源システム	.....	243
5.2.2	電気式熱源システム	.....	247
5.3	その他のシステム	.....	250
5.3.1	水蓄熱システム	.....	250
5.3.2	氷蓄熱システム	.....	258
5.3.3	排熱回収システム	.....	268
6.	LCEM ツールの動作確認と安定性の検証	.....	272
6.1	HASP/ACSS との比較による LCEM ツールの動作確認	.....	272
6.2	ツール利用者間に生じる結果差異に関する検証	.....	308
7.	ユーザーサポート体制案の検討	.....	314
7.1	代表的なシミュレーションプログラムのメンテナンスに関する調査	.....	314
7.1.1	EnergyPLUS	.....	314
7.1.2	ESP-r	.....	316
7.1.3	TRNSYS	.....	319
7.1.4	HVACSIM+	.....	321
7.2	ユーザーサポート体制構築に関する留意点	.....	323
7.2.1	当面のサポート体制、将来的なサポート体制案	.....	323
7.2.2	ユーザーサポート体制の構築において検討が必要な点	.....	325

#### 第4章 LCEM ツールの実施による活用方策の検討 <活用方策検討WG報告>

1.	概要	.....	327
2.	ツール解説書の整備	.....	329
2.1	解説書の目的	.....	329
2.2	解説書の構成と各章の概要	.....	329
3.	実施例の支援と検証、結果の蓄積	.....	331
3.1	目的と実施概要	.....	331
3.2	公共建築物における実施例	.....	332

3.2.1	国土交通省地方整備局建築物での実施例	……	332
3.2.2	自治体建築物における実施例	……	336
3.3	民間建築物における実施例	……	366
3.3.1	実施例(1)改修設計段階から施工段階における実施例 (Mビル)	……	366
3.3.2	実施例(2)施工段階における実施例 (Kビル)	……	404
3.3.3	実施例(3)運転管理段階における実施例	……	432
4.	既存機器特性の実用的設定方法の実例	……	464
5.	BEMS への適用／BEMS データの活用方法の検討	……	487
5.1	BEMS データ活用の現状	……	487
5.2	適用方法・活用方法の検討	……	489
5.3	対象建物におけるケーススタディー	……	495
<b>第5章 個別分散空調方式への適用検討 &lt;個別分散方式検討WG報告&gt;</b>			
1.	概要	……	513
2.	個別分散空調方式における LCEM の枠組み、普及・拡大方策の検討	……	514
3.	個別分散空調モデルの概要	……	523
4.	個別分散空調モデルの検証	……	546
4.1	EHP モデルの検証	……	546
4.2	GHP モデルの検証	……	561
5.	個別分散空調モデルの適用ケーススタディー	……	568
5.1	EHP モデルの適用ケーススタディー	……	568
5.2	GHP モデルの適用ケーススタディー	……	612
6.	モデル拡張の検討	……	631
6.1	水噴霧装置付き室外機モデル	……	632
6.2	水熱源ヒートポンプマルチモデル	……	637
6.3	潜熱・顕熱分離空調モデル	……	641
6.4	発電機能付き GHP モデル	……	650
7.	まとめと今後の課題	……	653
	おわりに	……	655

エクセル®は Microsoft 社の登録商標です。

## はじめに

建築物のエネルギーマネジメントの必要性が叫ばれて久しい。しかるに、空調設備を対象としたエネルギーマネジメントは、①マネジメントスキームの確立が困難であったこと、②建物のライフサイクルを通じての汎用性の高いマネジメントツールが無かったことなどから、実効性のあるエネルギーマネジメントが普及してこなかったのが実情である。ここに、(社) 公共建築協会は平成 15 年度に「公共建築物のライフサイクルエネルギーマネジメント検討委員会」を発足させ、ライフサイクルエネルギーマネジメント (LCEM) に係わる枠組みの整理、シミュレーションツール (LCEM ツール) の開発、ケーススタディーを通じての LCEM の有効性・実用性の検討などに着手した。

平成 15 年度・16 年度は、準備的検討期間として、新築建築物における中央式空調設備を対象に検討を進め、LCEM の開発意義等を確認した。平成 17 年度には、委員会の拡充を図り、本格的に LCEM の開発を深化させ、所期の成果を得た。引き続き、平成 18、19 年度には、検討の対象を新築建築物に加えて既設建築物の中央式空調設備に拡張し、LCEM の枠組みや LCEM ツールの拡充整備を推進した。また、ケーススタディーの拡充を図った。さらには、具体的適用に向けてのマニュアルの整備等にも着手した。

平成 20 年度、21 年度には、中央式空調設備に加え、個別分散式空調設備を対象に拡張した。また、包括的視点から、平成 15 年度～21 年度を通じての検討・開発内容の整合を図った。さらに、具体的適用・普及拡大に当たって必要なマニュアルの整備や周辺ツールの整備等を行った。

ここに、新築建築物、既設建築物に関わる空調設備のライフサイクルマネジメントを包括的にカバーできる運びとなった。所期の目的を一応達成できたと考えるので、本委員会における LCEM の開発・整備を一段落させることとした。

今後は、これらの成果を具体的な建築物に適用して、実効あるエネルギーマネジメントが展開されることを願う。特に、わが国の環境負荷の多くを占める既設建築物に LCEM を適用することにより、大幅な環境負荷低減が促進されることを願う次第である。

なお、本報告書は、平成 20 年度・21 年度の委員会での検討成果をまとめたものであるが、開発経緯等に関しては、平成 15 年度以来の検討・開発概要を本報告書に取り込み、全体像の把握が容易に行えるように配慮した。

平成 22 年 3 月

委員長 村上周三



# 第1章 LCEMの必要性と枠組み、普及・拡大方策の検討

## 1. LCEM開発・整備の必要性

### 1.1 地球環境問題の深刻化

わが国の温室効果ガスの発生量において、民生分野の影響が益々増大していることが明らかになってきた。中でも、業務用建築起因のCO<sub>2</sub>発生量は2005年現在、1990年に比して40%を超える勢いにある。全分野で最も高い増加率を示している。ここに、業務用建築分野でのCO<sub>2</sub>発生量の抑制が重要課題となっている。取り分け、既存建築物でのCO<sub>2</sub>発生量の抑制が喫緊の課題となっている。

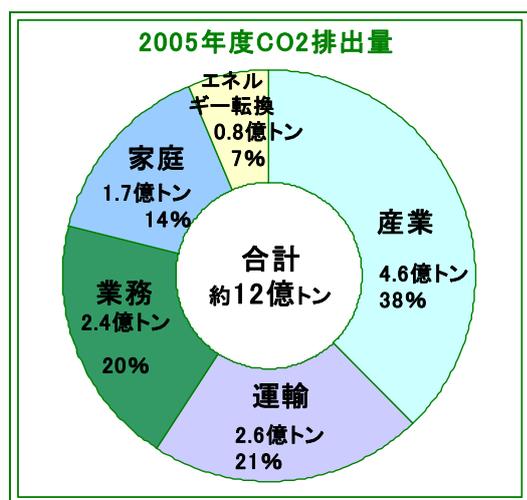


図 1.1.1 建築物起因のCO<sub>2</sub>排出量

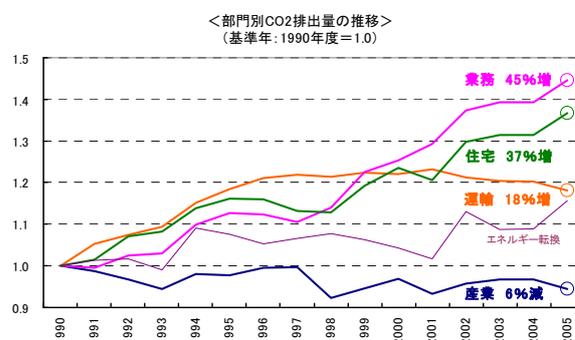


図 1.1.2 民生部門のCO<sub>2</sub>排出量の伸び

### 1.2 建築物におけるエネルギー・マネジメントの実情

これまで、実効ある建築物に係わるエネルギー・マネジメントは殆ど行われてこなかったのが実情と言って過言でない。その実情は以下のように要約することができる。

- ①ビルごとにマネジメントスキームが異なるのが通常であった。
- ②期間の省エネ性能評価／管理が一般化されていなかった。
- ③エネルギー・マネジメントの対象が明確にはされてこなかった。即ち、空調システム全体、サブシステム(ex. 熱源、搬送、空調サブシステム等)、機器等のレベル別けに基づく明確なマネジメント対象が一般化してはいなかった。
- ④管理指標／達成目標値が明確にされてこなかった。
- ⑤企画、設計、施工、運転等の各段階間に渡る的確な情報伝達が行われてこなかった。そのため、設計情報等が運転員等に的確に伝達されてこなかった。
- ⑥設計主旨等に基づく運転員の教育／訓練が不十分に陥りやすかった。
- ⑦その他

ここに、建物のライフサイクルにわたるエネルギー・マネジメント(LCEM)が是非とも必要と考え、以下の開発・展開が必要と考えた。

- ①LCEMスキームの検討
- ②LCEMツールの開発
- ③LCEMに関する適用手順(マニュアル等)の整備

### 1.3 建築物ストック量

建築分野におけるCO<sub>2</sub>排出量の殆どは既存ストックに基づく。

#### 1) 国家機関の建築ストック量

図 1.3.1 に国家機関の建築物等の建築年別延べ面積・施設数を示す。平成 22 年 2 月現在で、約 16,800 施設、総延べ面積で約 4,900 万 m<sup>2</sup> という膨大なストックを有している。経年別に着目すると、建設後 30 年を超過している施設が、延べ面積で約 36%を、施設数では約 42.8%を占めている。

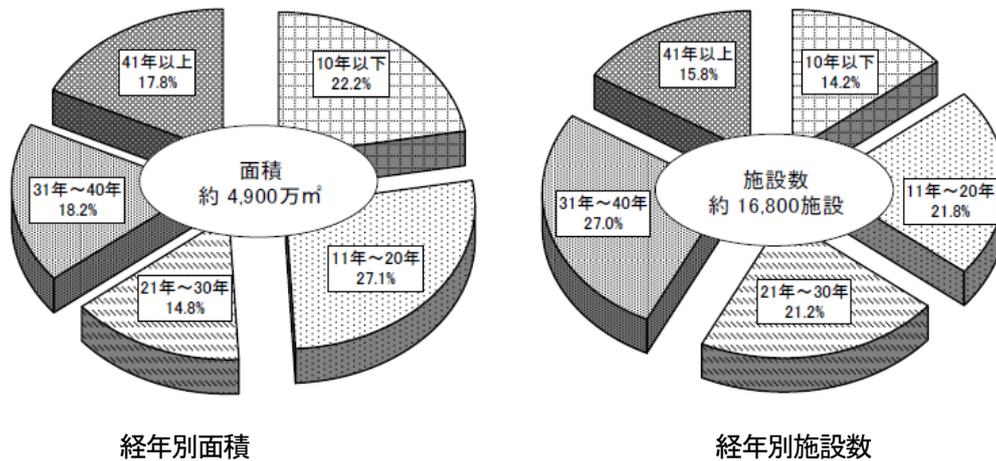


図 1.3.1 国家機関の建築物の経年別シェア  
出典：「国家機関の建築物の保全の現状（平成 22 年 2 月）」（国土交通省 官庁営繕部）

#### 用途別国有財産面積（万 m<sup>2</sup>）

#### 用途別国有財産施設数

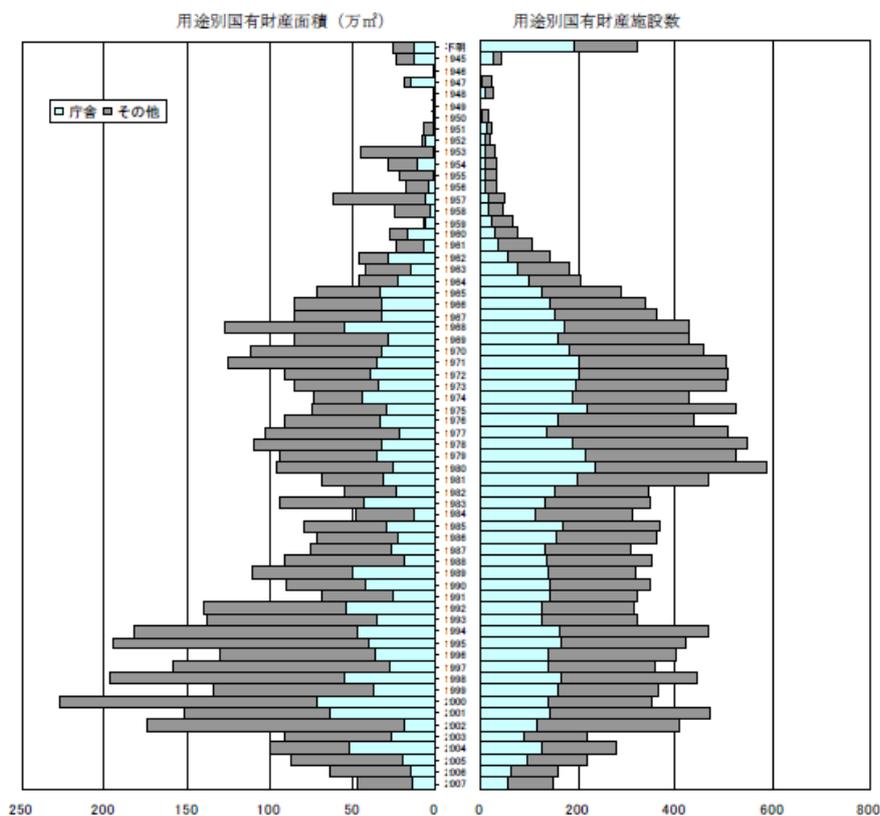


図 1.3.2 国家機関の建築物等の建築年別延べ面積・施設数  
出典：「平成 21 年度各省各庁営繕計画書に関する意見書」（国土交通省 官庁営繕部）

## 2) 民間の業務用建築物ストック量

表 1.3.1 および表 1.3.2 に、建築ストック統計研究会調べによる我が国の業務用建築のストック量を引用する。延床面積にして約 30 億 m<sup>2</sup> (工場・倉庫を除くと約 17 億 m<sup>2</sup>)、棟数にして約 12 百万棟 (工場・倉庫を除くと約 8 百万棟) に昇ると推定されている。

表 1.3.1 業務用建築物ストック量 (延床面積) 推計

単位：千m<sup>2</sup>

	事務所	店舗	工場	倉庫	学校	病院	その他	総計
北海道	21,889	16,770	28,455	25,412	15,302	6,338	38,847	153,016
東北	29,927	27,366	54,776	30,143	25,176	7,525	59,165	234,081
関東	187,831	87,315	162,685	134,293	96,993	14,357	124,241	807,717
北信越	28,745	25,348	70,953	31,628	19,788	6,599	61,078	244,142
中部	53,706	42,221	135,124	76,321	33,575	8,301	74,435	423,686
関西	84,056	52,023	99,480	103,497	51,161	8,601	70,203	469,024
中・四国	39,514	35,289	83,756	59,004	29,847	10,088	61,818	319,319
九州	48,417	39,070	67,337	56,647	37,466	13,015	75,391	337,347
総計	494,089	325,405	702,567	516,949	309,313	74,829	565,181	2,988,336

表 1.3.2 業務用建築物ストック量 (棟数) 推計

	事務所	店舗	工場	倉庫	学校	病院	その他	総計
北海道	60,097	31,072	71,339	115,562	13,371	23,570	298,715	613,726
東北	115,224	75,317	137,569	169,511	23,256	27,595	476,734	1,025,206
関東	351,020	212,083	359,329	477,695	80,041	52,518	816,498	2,349,184
北信越	97,963	68,354	167,322	185,011	20,618	31,960	603,755	1,174,983
中部	171,718	127,126	261,143	436,403	43,315	43,519	666,218	1,749,442
関西	215,186	122,158	221,080	623,017	46,639	37,689	582,688	1,848,457
中・四国	153,506	106,037	207,712	438,561	37,675	45,930	537,050	1,526,471
九州	168,643	117,072	1,865,588	375,465	45,192	48,126	459,193	1,400,249
総計	1,333,356	859,220	1,612,054	2,821,223	310,107	310,908	4,440,850	11,687,718

## 2. LCEMツールの開発・整備に関する活動経過

建築物の省エネルギーを促進し、環境への影響を実効的に抑制するには、建築物のライフサイクルエネルギーマネジメント（以下、LCEMと表記）が不可欠との認識の下に、(社) 公共建築協会内に「公共建築物のライフサイクルエネルギーマネジメント検討委員会（委員長：村上周三慶応大学教授）」を平成15年度に設置し、平成21年度まで、以下の検討・開発に取り組んできた。

### 2.1 平成15年度・16年度の活動

公共建築物を対象としたライフサイクルエネルギーマネジメント（LCEM）に関する準備的検討を開始した。結論として、LCEMの必要性が再確認された。

#### 1) 検討対象

新築建築物の中央式空調設備を対象とした。

#### 2) 検討目的等

新築建築物におけるLCEMスキーム、ならびにLCEMツールの開発・整備の予備的検討を目的とした。

#### 3) 主な検討事項等

主な検討事項等として以下に取り組んだ。

- ①エネルギーマネジメントの現状と課題
  - ・公共建築における運用実態
  - ・ライフサイクルエネルギーマネジメント（LCEM）の必要性
  - ・LCEMにおけるエネルギーシミュレーションツールの必要性
- ②ライフサイクルエネルギーマネジメント（LCEM）の枠組み
  - ・LCEMの目的
  - ・LCEMの技術的重要課題
  - ・LCEMの運用モデル
  - ・LCEMにおけるエネルギーシミュレーションツールの役割
  - ・LCEMにおけるモニタリングの役割
- ③LCEMのためのエネルギーシミュレーションツール開発
  - ・ツールの特徴
  - ・ツールの構造と全体システムの構築方法
  - ・機器モデルの開発とLCEMへの適用検討
  - ・ツール開発における今後の課題
  - ・LCEMにおける各運用段階での適用例と問題点把握
- ④シミュレーションに必要な機器
- ⑤LCEMの適用シーンを想定してのケーススタディー
- ⑥その他

#### 4) 成果物等

成果物として、平成16年度報告書を取りまとめた。

### 2.2 平成17年度～19年度の活動

前年度までの検討を踏まえ、本格的にLCEMの検討を推進することとし、委員会の拡充を図った。

#### 1) 検討対象

前年度までに引き続き、平成17年度の検討対象は新築建築物の中央式空調設備とした。平成18年度からは、新築建築物に加えて既設建築物の中央式空調設備に検討対象を拡張した。

## 2) 検討目的等

新築建築物に加えて既設建築物におけるLCCEMスキーム、ならびにLCCEMツールの開発・整備を目的とした。

## 3) 主な検討事項等

主な検討事項等として以下に取り組んだ。

- ①庁舎建物におけるエネルギー使用実態分析と問題点把握
- ②エネルギーマネジメントの現状と動向調査
- ③既存空調システムシミュレーションツールの調査
- ④既設／新築建築物の空調設備を対象としたLCCEMの枠組み
- ⑤LCCEMツールの開発・整備
- ⑥シミュレーションに必要な機器特性調査の充実
- ⑦LCCEMの適用シーンを想定してのケーススタディー
- ⑧LCCEMのための入力条件設定方法の検討
- ⑨官庁施設における空気調和システムのライフサイクルエネルギーマネジメント要領・同解説(案)
- ⑩官庁施設における空気調和システムのライフサイクルエネルギーマネジメントモデル庁舎における実施例
- ⑪LCCEMのための空調シミュレーションツールマニュアル(操作説明書／技術解説書)
- ⑫LCCEM(既存)のための周辺整備
  - ・LCCEM(既存)のための機器特性同定手法の検討
  - ・LCCEM(既存)のための空調負荷条件等の同定手法の検討
- ⑬個別分散システムへの拡張
  - ・個別分散空調システムのシミュレーションモデルの検討
  - ・モデルの試算
  - ・個別分散空調システムにおけるLCCEM適用の枠組み検討
- ⑭その他

## 4) 成果物等

成果物として以下の公表等を行った。

- ①報告書の取りまとめ
  - ・平成17年度報告書
  - ・平成18年度報告書
  - ・平成19年度報告書
- ②シンポジウムにて委員会活動を報告
  - ・平成18年7月、すまい・るホール(東京)  
「公共建築物におけるライフサイクルエネルギーマネジメント(LCCEM)」
  - ・平成19年7月、すまい・るホール(東京)  
「公共建築物におけるライフサイクルエネルギーマネジメント(LCCEM)」
- ③空気調和・衛生工学会への報文提出(詳細は巻末を参照)
  - ・平成17年:4編
  - ・平成18年:4編
  - ・平成19年:8編
- ④国際シンポジウム等での発表(詳細は巻末を参照)
  - ・平成19年:5編

## 2.3 平成20年度・21年度の活動

LCCEMに関わる集大成を図ることとした。新築建築物／既設建築物における中央式空調設備／個別分散式空調設備普及拡大のための諸施策の提案にも積極的に取り組んだ。

### 1) 検討対象

前年度までに引き続き、新築建築物に加えて既設建築物を検討対象とした。また、検討対象を中央式空調設備に加えて個別分散空調設備に拡張した。

### 2) 検討目的等

中央式空調設備に加えて個別分散空調設備におけるLCCEMスキーム、ならびにLCCEMツールの開発・整備を目的とした。さらに、普及拡大に向けた諸施策の整備を検討目的とした。

### 3) 主な検討事項等

主な検討事項等として以下に取り組んだ。

#### ① LCCEMの普及方策の検討

- ・ LCCEMを既存建築物に適用するための実用的枠組み・手法の検討
- ・ LCCEMを公共建築物へ普及拡大するための方策検討

#### ② LCCEMのための機器性能データの整備

- ・ 機器性能データの管理およびメンテナンス体勢の整備検討
- ・ 機器性能データの汎用性の向上に関する検討
- ・ 機器性能調査の充実

#### ③ LCCEMツールの整備

- ・ ツールの操作性向上の検討
- ・ ユーザーインターフェース（入出力支援ツール等）の検討
- ・ オブジェクトの拡充
- ・ ユーザーサポート体制の検討

#### ④ LCCEMツールの活用方策の検討

- ・ LCCEMツール解説書の整備
- ・ LCCEMツールの精度の検証／動作の確認
- ・ 実施例の支援と検証、結果の蓄積
- ・ 既存機器特性、熱負荷条件等の実用的設定方法の検討
- ・ BEMS への適用／BEMS データの活用方法の検討

#### ⑤ LCCEMにおける個別分散空調方式の検討

- ・ プロトタイプモデルの検証と改良に関する考察
- ・ モデル適用のケーススタディー
- ・ 個別分散空調方式におけるLCCEM適用の枠組み検討

#### ⑥ その他

### 4) 成果物等

成果物として以下の公表等を行った。（詳細は巻末を参照）

#### ① 空気調和・衛生工学会への報文提出

- ・ 平成20年：6編
- ・ 平成21年：5編

#### ② 寄稿論文

- ・ 平成20年：1編

### 3. LCCEMの枠組み

平成20年度・21年度の委員会において、中央式、ならびに個別分散式空調設備に対するLCCEMの枠組みについて包括的見直しを行い、LCCEMの枠組みについて集大成を図った。

#### 3.1 LCCEMの基本的枠組み

##### 1) LCCEMの開発・整備目的

LCCEMの主たる開発・整備理由は以下による。

- ①空調関係技術者に分かり易いマネジメントツールを提供する。
- ②建築物のライフサイクルを通じての一貫したエネルギーマネジメントを可能とする。
- ③空調設備の全体／部分の調和を図りながらのシステム検討を可能とする。即ち、全体システム／サブシステム／機器を統合的に検討したり、部分的に検討したりすることができることを可能とする。
- ④LCCEMツールを用いてPDCAを促進させる。
- ⑤LCCEMツールは各段階を通じての情報伝達ツールとしても機能させる。
- ⑥運転要員の教育・訓練等に資する。

同上等を通じて、実効ある省エネルギーや省CO<sub>2</sub>を実現する。

##### 2) LCCEMの関係者

LCCEMの関係者／推進者として以下を設定した。

- ① 建築主
- ② 設計者
- ③ 工事監理者
- ④ 施工者
- ⑤ 運転管理者

関係者の役割詳細については前年度報告書等を参照されたい。

##### 3) LCCEMマネージャーの設定とその役割

LCCEM推進者として、LCCEMマネージャーを設定する。

LCCEMの推進はエネルギーマネージャーの存在を前提としている。官庁施設では、官庁営繕部の技術担当者等がその役割を担うことを想定している。民間施設においては、確定した考えは存しないが、コミッショニングスキームでの性能検証責任者（CA：Commissioning Authority）がこれに該当すると考える。

LCCEMマネージャーの主な役割は以下にある。

- ①管理指標／同目標値の設定（企画段階）
- ②同上目標値の達成見通し状況の確認と改善提案（設計段階・施工段階）
- ③各段階間に渡る的確な情報伝達（各段階）
- ④運転員の教育・訓練（施工段階）
- ⑤同目標値の達成状況の確認と改善提案（運転段階）

##### 4) LCCEMの検討対象

LCCEMにおける主な検討対象は以下を想定する。

- ①新築建築物／既設建築物の空調設備に係わる期間エネルギー性能等
- ②同上空調設備に係わる全体システム／サブシステム／機器レベルのエネルギー性能等

当委員会では、LCEMの対象は空調設備に限定した。この経緯より、太陽光発電システムや照明設備等のシミュレーションはツール開発の対象からは除外している。

LCEMでは、これまで評価対象として徹底を欠くきらいがあった機器やサブシステムのエネルギー性能の評価を重視するものである。実効ある性能検証を推進するには、全体評価から一歩踏み込んで、サブシステムレベルや機器レベルでの評価が必要不可欠と考えるからである。

## 5) LCEMの適用時期

LCEMの適用時期（段階）としては、以下を想定している。

- ①新築建築物：企画／設計／工事発注／施工／竣工後1年内の運転の各段階
- ②既設建築物：数年～数十年に至る運転段階

新築建築物では、企画段階から適用するのが理想である。既設建築物では、運転段階から適用することになる。必要に応じて改修の検討などを行う。

## 6) LCEMの適用現場

LCEMは、設計現場・施工現場・運転現場において実効ある省エネを推進することを企図している。それぞれの現場での主な確認事項を以下に記す。

- ①設計現場：目標値を達成できる設計内容となっているかを確認する。
- ②施工現場：機器製作・承認時に、目標値を達成できる機器が納入されるか否かを確認する。  
試運転調整や検収時に、特定条件下で、目標値を達成できるシステムが実現されているか否かを確認する。また、運転員の教育・訓練を体系的に行う。
- ③運転現場：目標値どおりの省エネ運転が実現されているかを実績値と照合確認する。

## 7) LCEM ツールの開発・整備

これまでに述べたLCEMの枠組みに沿ってエネルギーマネジメントを展開するためのツールとしてLCEMツール（シミュレーションツール）を開発した。

### (1) ツール開発に当たっての留意事項

ツールの開発に当たっての主な留意事項を以下に列挙する。

- ①ライフサイクルを通じて適用可能なツール
  - ・予測値と運転実績値との照合が可能
  - ・各段階の情報伝達に有用
  - ・運転員の教育・訓練に有用
- ②任意の単位でのエネルギー消費性能評価ができるツール
  - ・全体システムでの評価
  - ・サブシステムでの評価
  - ・機器単体での評価
- ③期間性能評価が可能なツール
- ④エネルギー消費量だけでなく、流量や状態値を算出できるツール
- ⑤システム構成の自由度が高く操作性・拡張性が高いツール
- ⑥気象条件・運転条件等の差異を反映可能なツール
- ⑦トライアル評価、リアルタイム評価が可能なツール
- ⑧多様な入出力対応が可能なツール
- ⑨機器特性等のブラックボックス化を回避したツール

### (2) オブジェクト化セルズ法

以上の開発要件を踏まえて、LCEMツールはPC上で作動可能なオブジェクト化セルズ法を採用した。オブジェクト化セルズ法によるシステムシミュレーションは世界的にユニークなツールであると共に、

以下の特長を有すると考えている。

- ①誰もが参画できるオープンなツール
- ②世代を超えて発展可能なツール

### 8) LCEM と他ツールとの補完・協調

建築物の環境・エネルギー評価のためのシミュレーションツールとして、BEST・ACSS・HVACSYM+等がある。それぞれのツールのカバー範囲は表3.1.1のように要約できる。

BESTは建築物と建築設備を対象としたエネルギーシミュレーションツールである。建物全体のエネルギー消費量を算定することに大きな意味があり、主として省エネ計画書の作成支援等を視野においたツールである。

ACSSは、1970年代に開発された空調システムシミュレーションツールである。先駆的なツールとして、世界的な評価を得て来たが、時代のニーズにあわせての更新が困難などの事態が顕在化してきた。

HVACSIM+は、空調設備機器等の詳細挙動をシミュレーションするツールである。秒単位の挙動をシミュレーションするツールであり、制御上の誤動作などを検証できる高度な専門的ツールである。

LCEMツールは、ライフサイクルエネルギーマネジメント支援を目的に整備しており、空調システムに特化しているが、研究・企画・設計から施工・検収、運用・改修までの実効的展開ができる。

建築物の省エネを実現するには、以上のツールを相互に補完・協調させながら活用することが、重要と考える。

表 3.1.1 シミュレーションツールの活用マップ事例

		研究・企画・設計	施工・検収	運用・改修	スケール
対象・評価	建物 電気設備 衛生設備	建築物の総合的なエネルギーシミュレーションツール (BEST)			マクロ
	空調設備	静的システムシミュレーションツール (ACSS、DOE2など)	空調システムを対象としたエネルギーシミュレーションツール (LCEM)		↑ ↓
	機器	動的システムシミュレーションツール (HVACSIM+など)			

### 3.2 LCEMの適用イメージ、ならびにLCEMの適用フロー

LCEMの適用イメージの想定、それらに対応するためのLCEMの適用フローの整備を図った。

#### 1) 新築建築物へのLCEMの適用

イニシャルコミッシングに対応する考えである。企画段階～運転段階を通じて、一貫した指標・シミュレーションツール（LCEMツール）を用いてエネルギーマネジメントを行う。企画段階ではエネルギー消費等に係わる管理指標や目標値を定める。設計段階、施工段階では目標値の達成見通しをLCEMツールにて確認する。運転段階では達成状況を、LCEMツールを用いて照合・確認し、未達の場合には、必要な改善措置等の提案を行う。

#### 2) 既設建築物へのLCEMの適用①：竣工後、改めてLCEMを適用する場合

リコミッシングに対応する考えである。竣工後、数年経過した建物では、当初に想定した目標値から大きく外れた状態で運転されている場合があると想定される。改めてLCEMを適用し、運転段階のエネルギー性能の確認等を行うことが効果的と考える。

必要に応じて、運転改善等を提案する。

#### 3) 既設建築物へのLCEMの適用②：竣工後にLCEMを初めて適用する場合

レトロコミッシングに対応する考えである。多くの既設建築物では、建築物の竣工後に体系的なエネルギー性能の確認や管理は何もなされていないのが実情と考えられる。機器の劣化・運転の不具合等、多くのエネルギー性能面での改善余地が存すると考える。既存建築ストックの殆どは、この場合に当てはまるものと考えられる。

本ケースでは、機器特性等の同定が必要となる。同定手法として、簡易なものから高度のものまでを検討する。LCEMを既存建築物に広く適用するには、精度は多少犠牲にしても、簡易な同定（推定）方法を用意することが重要である。

#### 4) LCEMの適用フロー

上記1)～3)に対応するLCEMの適用フローを、図3.2.1～図3.2.3に示す。即ち、これらは建物のライフサイクルにおけるLCEMの基本的な流れを示すとともに、ツールの適用フローとLCEMマネージャーや各関係者の役割を示す。

企画フェーズ	A 企画・計画段階	(A-1) 適用対象および管理指標の設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCEMrは新築段階でLCEMを適用する対象を設定する。 (機器単体/サブシステム/全体システム)</li> <li>LCEMrは適用対象ごとに、適切な管理指標を設定する。 (一次エネルギー消費量、成績係数COP、熱送係数WTF・ATF)</li> </ul>
		(A-2) 管理指標の目標値設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCEMrは、適用対象ごとに定めた管理指標に対して、目標値を設定する。</li> <li>これと同時に、目標値を設定するに際しての負荷条件などの前提条件を明確に示す。</li> </ul>
設計フェーズ	B 基本設計段階	(B-1) システムの基本検討と性能の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>建築主、LCEMr等により設定された各種の要求性能に基づき、設計者は空気調和システムの基本的な構成案を複数想定する。</li> <li>設計者は、建物用途や規模などより、空調熱負荷の発生を想定する。</li> <li>設計者は、想定した空調熱負荷に対してLCEMツールを用いて、対象機器あるいはシステムの管理指標に関わる予測値を算出する。</li> <li>設計者は、空気調和システムに対する各種の要求性能およびLCEMツールにより算出した管理指標の予測値(エネルギー性能)を総合的に判断して、空気調和システムの基本的な構成案を決定する。</li> <li>LCEMrは、空調熱負荷の想定、管理指標の予測値を基に、企画段階で設定した目標を満たしているかどうかを確認する。</li> <li>LCEMrは、実施設計段階で確認すべき管理指標及び管理目標値を設定する。</li> </ul>
	C 実施設計段階	(C-1) システムの詳細検討と性能の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計者は、空気調和システムの詳細検討を行う。</li> <li>設計者は、基本設計段階で設定した空調熱負荷の想定を必要に応じて修正する。あるいは年間空調熱負荷計算によって空調熱負荷を再設定する。</li> <li>設計者は、設定した空調熱負荷に対して、LCEMツールを用いて、対象機器あるいはシステムの管理指標の予測値を算出する。</li> <li>設計者は、建物運用段階において管理指標の実測または推定を可能とするよう、関連する電力量・燃料消費量・熱量・流量・温度などの計量・計測およびデータ収集などのシステムを検討し、設計図書に明示する。</li> <li>LCEMrは、空調熱負荷の想定、管理指標の予測値を基に、基本設計段階で設定した目標値を満たしているかどうかを確認する。また、前記の計量・計測およびデータ収集などのシステムを確認する。</li> <li>LCEMrは、施工マネジメント段階で確認すべき管理指標及び管理目標値を設定する。</li> </ul>
発注フェーズ	D 工事発注段階	(D-1) 工事発注における要求性能の明示	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計者は、発注仕様としての管理指標および管理目標値を発注図書に明記する。</li> <li>LCEMrは、発注図書に示されている管理指標の目標値など(エネルギー性能)を確認する。</li> <li>設計者は、機器承認、試運転調整、検収の各段階でLCEMツールを用いたエネルギー性能の確認を実施することを発注図書に明記する。</li> <li>LCEMrは、上記の発注図書における記載内容を確認するとともに、見積もりに反映されていることを確認する。</li> </ul>
施工フェーズ	E 機器承認段階	(E-1) 納入機器仕様の検討と性能確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工者は、発注図書に記載されている機器性能、システム性能、管理指標および管理目標値を基に、納入機器を選定する。</li> <li>施工者は、設計者により設定された空調熱負荷パターンに対して、選定した機器あるいはシステムに基づき、LCEMツールを用いて管理指標の予測値を算出する。</li> <li>LCEMr、設計者、工事監理者、施工者は、空調熱負荷の想定、管理指標の予測値を基に、納入機器が発注図書に示されているエネルギー性能(管理指標の目標値など)を満たしていることを確認する。</li> </ul>
	F 施工段階	(F-1) 施工における要求性能の作り込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCEMr、設計者は、施工段階において、施工に先立ち、図面に表現されていない企画段階や基本設計・実施設計段階での意図を、施工者及び工事監理者に対して説明する。</li> </ul>
	G 試運転・調整段階	(G-1) 試運転・調整段階の性能確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCEMr、設計者、工事監理者、施工者は、試運転・調整後の検証における空調熱負荷の設定、管理指標、管理目標値などを定める。</li> <li>施工者は、試運転調整時の空調熱負荷に対し、LCEMツールを用いて管理指標の予測値を算出する。この予測値を試運転調整時の管理指標の目標値と見なす。</li> <li>LCEMr、設計者、工事監理者は、管理指標の目標値と管理指標の実測値を比較・照合し、エネルギー性能を確認する。</li> <li>必要に応じて、調整を繰り返す。</li> </ul>
運転管理フェーズ	H 検査・引渡し前段階	(H-1) 引渡し性能の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCEMrは、試運転・調整の最終結果を基に、発注図書に示されたエネルギー性能を満たしているかを判断する。</li> <li>設計者、施工者は、企画内容及び設計・施工意図、所定の管理目標値を満たすべく、運転管理方法を施設管理者、運転管理者に説明する。</li> <li>LCEMrは、運転管理段階で確認すべき管理指標及び管理目標値を設定する。</li> </ul>
	I 検査・引渡し後段階(1年)	(I-1) 運転初期段階の性能確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転管理者は、管理指標の値を評価可能とする空調負荷、熱源負荷、消費エネルギー量等のデータを実測する。</li> <li>運転管理者は、実測データから管理指標の実測値を算出する。実測値から直接算出できない管理指標は、実測された空調熱負荷などを基にLCEMツールを用いて管理指標の推定値を算出する。</li> <li>LCEMrは、所定の管理目標値と管理指標の実測値またはLCEMツールによる推定値とを比較・照合する。</li> <li>必要に応じて、空気調和システムの調整を行う。</li> </ul>
	J 定常運転段階	(J-1) 定常運転段階の性能確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCEMrおよび施設管理者、運転管理者は、建物の実運用状況を判断して、定常運転段階における管理指標とその管理目標値を定める。</li> </ul>

図 3.2.1 LCEM ツールの適用フロー (企画段階～運転管理段階)

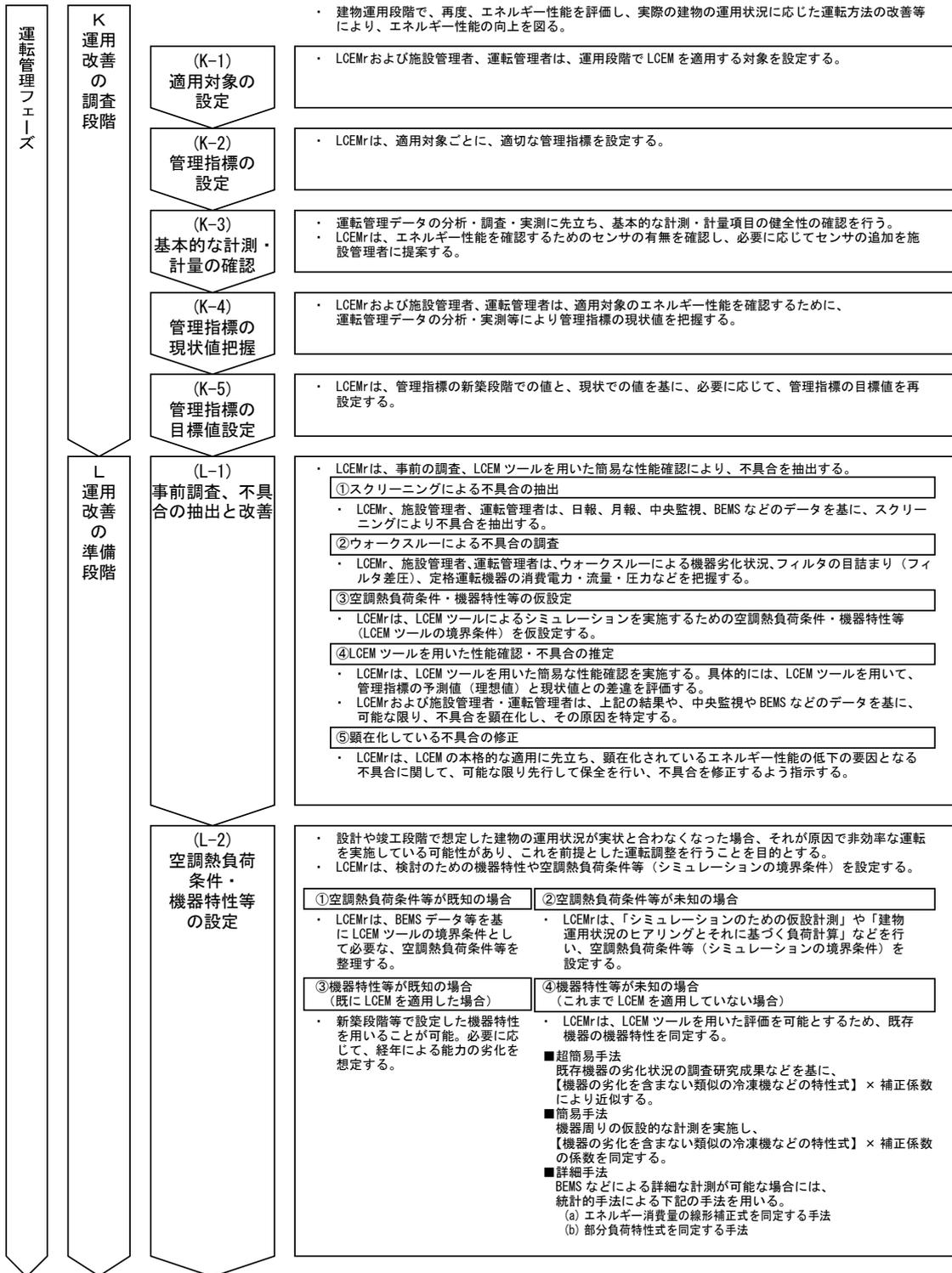


図 3.2.2 LCEM ツールの適用フロー（運用改善の調査段階・準備段階）

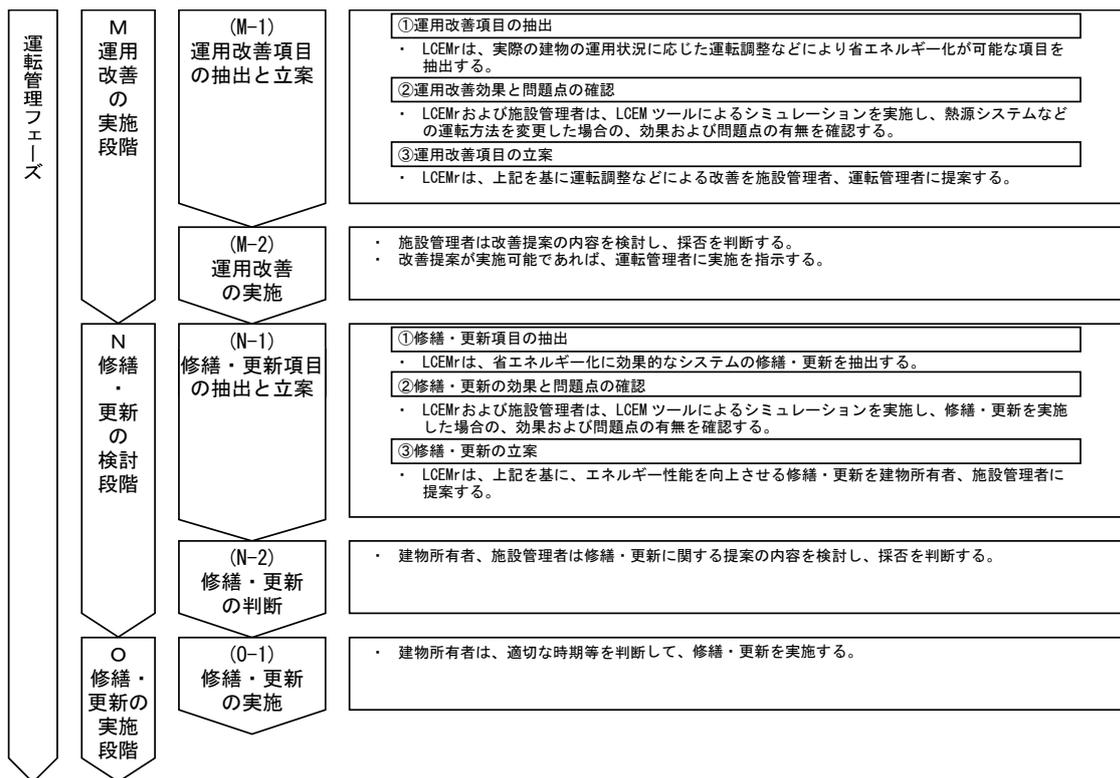


図 3.2.3 LCEM ツールの適用フロー（運用改善の実施段階～修繕・更新の実施段階）

### 3.3 LCEMツールの活用

当委員会では、空調システム・熱源システムのエネルギーマネジメントツールとして、空調設備と熱源設備のエネルギー性能を簡易にシミュレーションするツールを開発した。

このツールでは、空調システム・熱源システムを構成する各機器が、汎用の表計算ソフト（EXCEL）のシート上で、それぞれ一つのオブジェクトとして定義され、そのオブジェクトを繋げていくことにより、各オブジェクト同士が自動的に情報を交換しあい、システム全体の動きを模擬することができる。

建築の実態を集約的に表現する手段として、従来から設計図書が用いられてきたが、LCEMツールはそれらを補完するものとして位置づけることができる。これは実際の建築を紙面に投影した設計図書のみでは表現が不可能な空調システム・熱源システムの動的な作動状況を端的に表現する手段でもあり、建築の様々な段階（企画・計画、設計、機器承認、試運転調整・引き渡し、運用、改修）において情報を共有すべき発注者、設計者、施工者、管理者、所有者などの高度な共通認識の醸成に寄与する存在である。

このLCEMツールは、建物のライフサイクルにおいて、以下のように活用されることを目指している。

#### 1) 建物のライフサイクルの各フェーズで、一つのツールを共通して利用（新営工事、図 3.3.1）

このLCEMツールにより、空調負荷や建物利用状況に応じて、空調・熱源システムがどのようなエネルギー性能を発揮するかを再現することが可能である。これは、言い換えると、「空調設備システムの仮想現実」をツールに構築していると考えられることができる。

- ・ 企画・設計段階では、顧客の要求性能に対して、設計性能が実現されるかをツールによりチェックする。
- ・ 施工段階では、設計の要求性能に対して施工仕様が適切であり、その性能が実現されるかをチェックする。

- ・ 竣工後の検収段階では、施工された性能を確認するツールとして活用し、適切な調整を可能とする。
- ・ 運用段階では、実際の運用状況における省エネルギー性能が発揮していることを確認するツールとして活用する。

このツールを建物のライフサイクルの各フェーズで共有することにより、ツールそのものが、設計図や仕様書の替わりとなり、顧客の要求→設計性能、設計要求性能→施工後の実現された性能へと引き継ぐことができる。

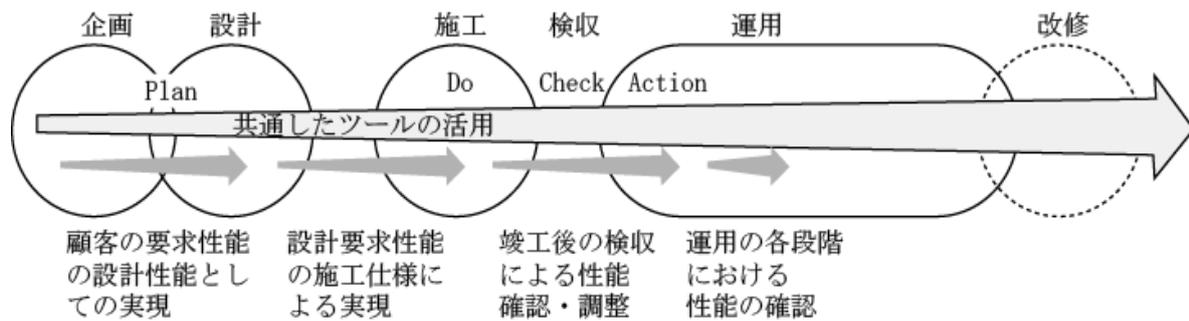


図 3.3.1 ライフサイクルを通じての LCEM ツールの活用

## 2) 建物の運用支援ツールとして活用する（運営管理、図 3.3.2）

建物の運用開始にあたり、設計者・施工者より建築設備の設計図書や取扱説明書の説明などが行われるが、必ずしも、充分ではない。これを補足するものとして、「空調設備システムの仮想現実」を再現するツールを、設計意図の確実な伝達を役立てるツールとして活用する。

また、設計段階で想定した建物の運用が実際には異なる場合も多くあり、それに応じた運転計画が必要になる。実際の建物の運転管理に際しては、クレームが生じないことが主眼となり、多少非省エネ的な運転方法であっても、室内環境面での問題が生じない状況では、あえて、省エネのための運転方法の変更を試行するようなことは難しい。

これに対して、LCEMツールは、「空調設備システムの仮想現実」を提供し、架空のトライアンドエラーを行うことを可能とする。言い換えると、ツールへの入力に BEMS などの実データを用いることにより、例えば、制御パラメーターを変更した際のシステム効率の変化や問題点の発生を予測し、運転管理者の判断を支援することを可能にする。

なお、建物の運用開始後は、実態値に基づく評価が必要になるが、空調負荷そのものを把握することは難しく、熱源への負荷を BEMS などにより把握しそれを境界条件として、「熱源システムの仮想現実」を模擬することになる場合が多いと思われる。

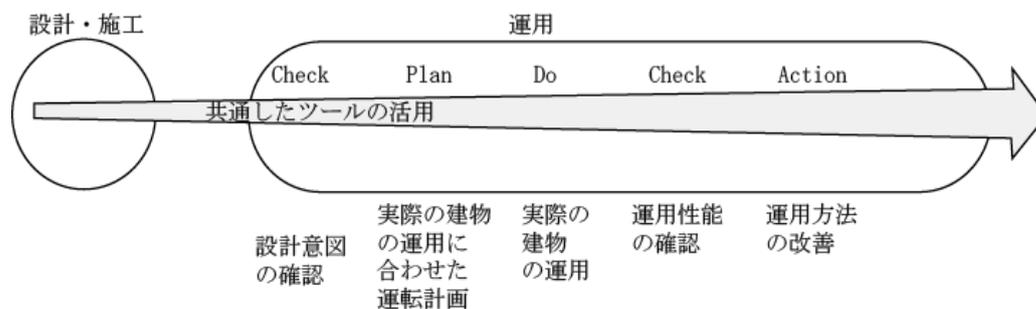


図 3.3.2 運用管理段階での LCEM ツールの活用

### 3) 既存建物の省エネ改修などの検討に活用する (改修工事、図 3.3.3)

温暖化防止の推進のためには、膨大なストックを構成する既存建物の省エネ化が必須となっている。これを効果的に進めるためには、LC EMツールを用いて、実際の建物の運転状況把握と改善による効果予測に活用する。

なお、LC EMツールを既存建物に適用するためには、運用後の建物の実際の運用状況や機器の劣化などを前提とした、LC EMツールのチューニングが必要になる。

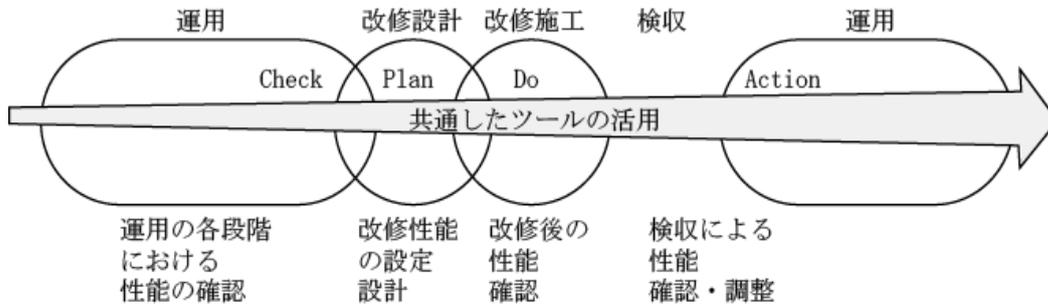


図 3.3.3 既存改修における LC EM ツールの活用

### 4) 各フェーズにおける、省エネ検討 (PDCA) を支援する。(各フェーズ)

ライフサイクルの各フェーズにおいて、LC EMツールを「空調設備システムの仮想現実」を再現するツールとして使い、省エネルギー検討のPDCAを可能とする。図 3.3.4 に示すように、

①省エネ性能の確保のためのシステム上の選択枝は、設計段階>施工段階>運用段階

②設備の具体的な仕様や建物の使い方に関する情報は、設計段階<施工段階<運用段階

となっており、ライフサイクルの各フェーズで、省エネルギー検討のためシミュレーションを実施する際に、境界条件設定の難しさ、不確かさなどが生じる。LC EMツールは、汎用の表計算ソフトで作成されたシミュレーションプログラムであり、高い汎用性を持ち、様々なフェーズでの活用が可能となっている。

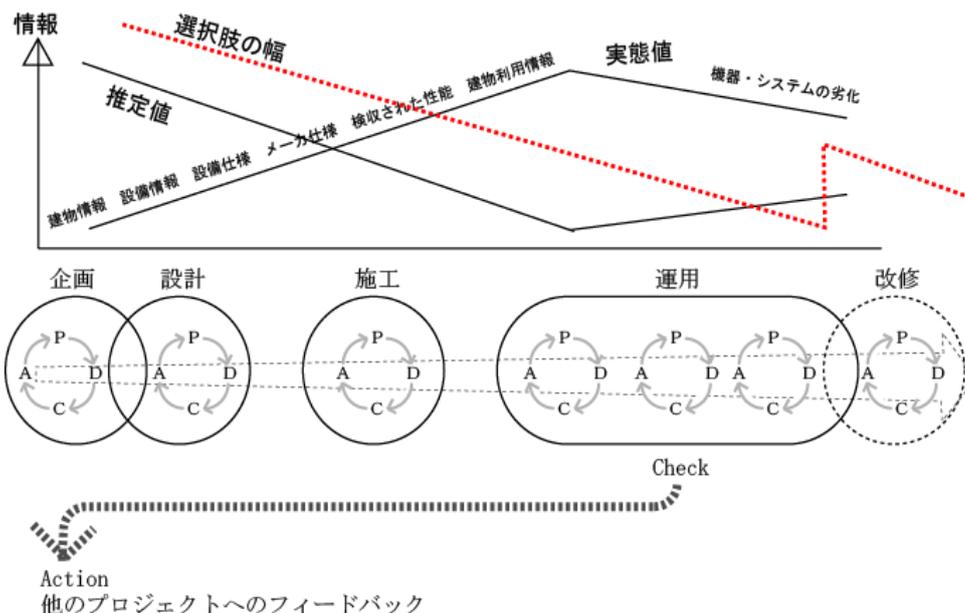


図 3.3.4 各フェーズにおける PDCA における LC EM ツールの活用

#### **5) 一連の営繕業務中でのベンチマークを提供**

一連の営繕業務の中では、運用時の性能確認や問題点の把握を他のプロジェクトへフィードバックすることも重要であり、ツールの活用により、判断の基となる、ベンチマークを与えることにも、大きな意味がある。

## 4. LCEMの普及・拡大方策の検討

LCEMの普及・拡大には、実務での展開におけるリアリティーを高める必要がある。平成20年度・21年度での委員会では、この視点からLCEMの以下の事項について拡充整備を図った。

### 4.1 発注図書への必要記載事項の検討

LCEMを具体的に展開するには、「設計業務委託仕様書」や「工事発注仕様書」等の関連する発注図書へLCEMに係わる必要記載事項を反映させることが不可欠である。このため、以下の検討・提案を行った（詳細は付録1, 2参照）。

#### 1) 「設計業務委託仕様書」への必要記載事項（案）

以下の事項についての提案を行った。

- (1) LCEM適用についての一般事項
  - ① 適用目的
  - ② 適用範囲
  - ③ 関係者とその役割
  - ④ 適用マニュアル／ツール等
- (2) 設計者への要求事項
  - ① 基本設計段階
  - ② 実施設計段階
  - ③ 設計検収段階

#### 2) 「工事発注仕様書」への必要記載事項（案）

- (1) LCEM適用についての一般事項
  - ① 適用目的
  - ② 適用範囲
  - ③ 関係者とその役割
  - ④ 適用マニュアル／ツール等
- (2) 施工者への要求事項
  - ① 工事着手段階
  - ② 機器製作承認段階
  - ③ 試運転調整段階
  - ④ 検収段階

### 4.2 既存機器特性の実用的設定方法の検討

図4.2.1に、既存機器特性の実用的設定フローを示す。熱源機器入出力データの計測・記録の有無、新規計測の可否等によって、a：詳細測定による補正手法、b：簡易測定による補正手法、c：文献による補正手法のいずれかの手法を用いて、既存機器特性を設定する。なお、各手法の詳細については、平成19年度委員会報告書による。

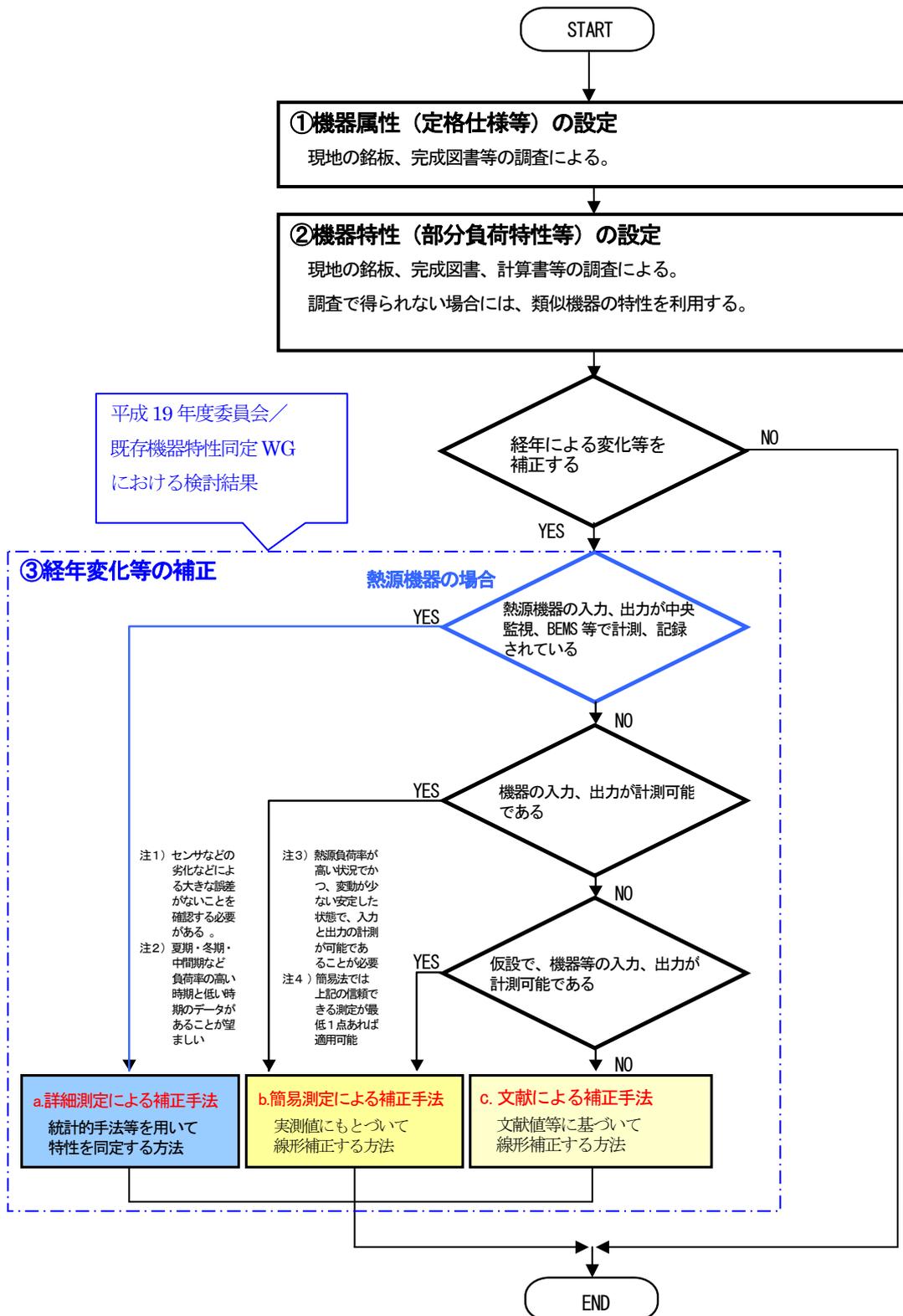


図 4.2.1 既存機器特性等の設定フロー

### 4.3 熱負荷条件の実用的設定方法の検討

既存建物のエネルギー性能の評価として、例えば、LCEMツールで理想的な運転を行った場合のエネルギー消費量を推定した結果と実際のエネルギー消費量を比較して、非省エネルギー的な運転が行われていないかをチェックする、また、省エネルギー改修を行った場合の効果を予測するなどが考えられる。

この場合、LCEMツールの境界条件として、熱負荷条件等（例えば熱源システムに対する熱負荷）を設定する必要がある。これに対して、既存建物の多くは、エネルギー消費量（または電力料金やガス料金など）は、計測・記録されているが、熱負荷データが継続的に記録されている例は少ないため、仮設の計測の実施や、年間負荷計算などによる年間熱負荷の推定が必要になる。

#### 1) 熱負荷条件の設定フロー

既存建物の熱負荷条件の設定方法として、図 4.2.2 に示すような3つの方法を用いることが考えられる。

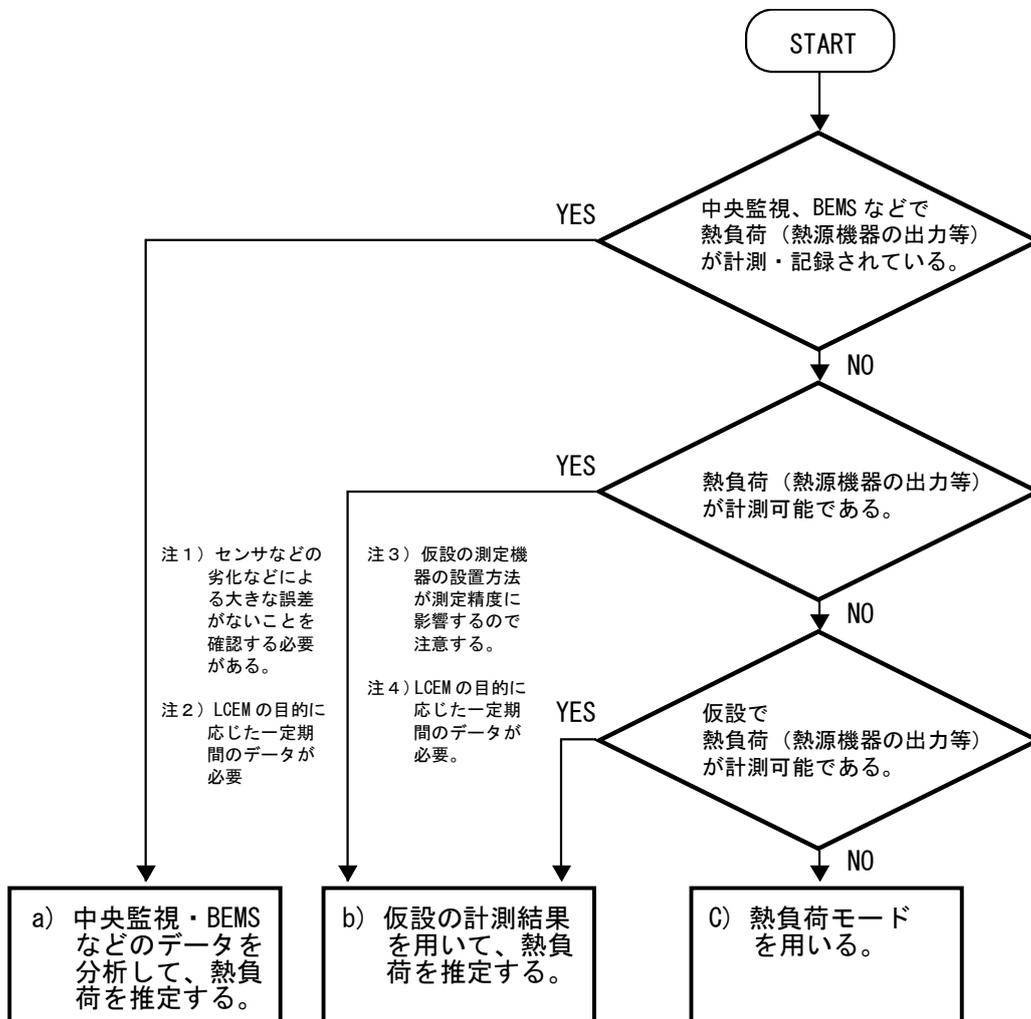


図 4.2.2 LCEM ツールの基本的な入出力関係

**a) 中央監視・BEMSなどのデータを分析して、熱負荷を推定する。**

最近の大型建物では、中央監視やBEMSが設置され、熱源の入出力などが継続的に記録されている建物が増えてきている。これらのデータを用いてLCEMツールで構築したシステムの熱負荷の境界条件を作成する。ただし、センサなどの健全性の確認や記録の欠値などの有無などを確認する必要がある。

**b) 仮設の計測結果を用いて、熱負荷を推定する。**

LCEMの対象を中央熱源システムなどの比較的狭い範囲を対象とする場合には、熱源システムの往還温度差と流量を計測する等により、熱負荷条件を設定することができる。

ただし、年間のエネルギー性能を実測データで評価する必要がある場合には、それに応じて年間の計測が必要となる。

仮設の計測方法に関する注意点を、2)に後述する。

**c) 熱負荷モードを用いる。**

LCEMでは、年間エネルギー性能を簡易に評価する為の「標準熱負荷モード」が用意されている。

このデータは、各地域の標準年気象データを元に、標準的な庁舎を想定した年間の熱負荷計算をおこない、年間の部分負荷の発生状況を計算して整理したものを用意している。

このデータは、ピーク負荷に対する部分負荷のランク別の発生時間を整理したもので、ピーク負荷の値は、熱源容量などから設定する必要がある。

この方法は、実建物の実負荷を推定している訳ではないが、年間の部分負荷の発生状況に基づく、省エネルギー性能の向上の検討などには活用できると思われる。特に、省エネ改修による効果の推定に際しては、このデータを用いることにより、改修前後の省エネ効果の推定が容易になる。

また、平成19年度の検討では、エネルギー会社の領収書などから比較的推定が容易な月積算エネルギー消費量を基に、この熱負荷モードを用いて、熱負荷を逆計算する方法を検討した。この方法の概要を後述するが、基本的には、最終的な積算エネルギー消費量が実際と一致するように上記の熱負荷モードの各ランクの熱負荷を補正する手法である。汎用的なツールとしては公開していないが、この手法の汎用化が今後の課題の一つである。

**d) 熱負荷計算により推定する。**

熱負荷計算ツールを用いて、熱負荷を推定する。

**4.4 個別分散空調方式への適用の枠組み検討**

中小の業務用ビルでは、圧倒的に個別分散空調方式が普及していると推定される（図4.4.1）。

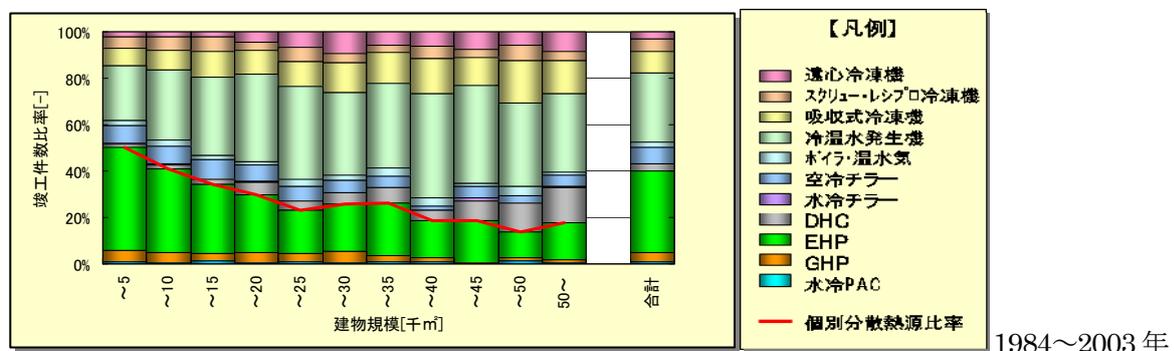


図 4.4.1 個別分散空調方式の普及状況 (佐藤孝輔：空衛学会 AS データより作成)

しかるに、同方式におけるエネルギー管理は、中央熱源方式以上に不徹底なのが実情である。ここに、個別分散空調方式へもLC EM概念を拡張することが必要と考え、その枠組みについて検討した。(詳細は、第5章2参照)

### (1)企画設計段階

- ・管理指標およびその目標値の設定
  - ⇒適正な設備容量、ゾーニング
  - ⇒適正な室外機設置計画

### (2)施工段階

- ・機器承認段階における期間性能の検証・確認
- ・試運転・調整段階における部分負荷時性能の検証・確認

### (3)運用段階

- ・期間性能の検証・確認
  - ⇒不具合運転の検知
  - ⇒運用改善等の効果の定量化
  - ⇒高効率機器導入効果の定量化

LC EMツールの適用フローを個別分散空調方式に適用する場合の課題は、当該システムの特徴を評価すべき評価指標の整備と評価指標を算出するための計測手法の確立に集約される。冷媒状態量などの詳細なデータの計測・記録の有無、新規計測の可否によって、個別分散空調システムのエネルギー性能検証の精度が決定するが、現状においては、これらのデータが計測されている例は少なく、こうした状況では代替手法による推定値を用いることになる。個別分散空調システムの性能検証のフロー及び機器能力の推定方法については、第5章2.2.2及び2.2.3に詳述する。なお、LC EMツールの適用フローを個別分散空調方式に適用する場合の課題に関する詳細な検討結果については、平成20年度報告書を参照されたい。

## 文献リスト

### <講演発表>

1. 時田繁, 松縄堅, 丹羽英治, 杉原義文, 岡崎徳臣: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第1報) LCEM(ライフサイクルエネルギー管理)の枠組み, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2005, No.3, pp.1957-1960, 2005.07.25
2. 杉原義文, 松縄堅, 丹羽英治, 時田繁, 岡崎徳臣: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第2報) 機器モデルのアルゴリズムと表計算ソフトを用いたシミュレーションツールの解法, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2005, No.3, pp.1961-1964, 2005.07.25
3. 岡崎 徳臣, 時田 繁, 松縄 堅, 丹羽 英治, 杉原 義文: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーションの開発(第3報) 機器モデルの精度確認と開発シミュレーションツールの適用例, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2005, No.3, pp.1965-1968, 2005.07.25
4. 丹羽英治, 松縄堅, 杉原義文, 時田繁, 岡崎徳臣: LCEM(ライフサイクルエネルギー管理)ツールとしての空調システムシミュレーション, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2005, No.1, pp.145-148, 2005.07.25
5. 杉原義文, 丹羽英治, 松縄堅, 時田繁, 田中英紀, 吉永美香, 渡辺剛: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第4報)シミュレーションツールの全体像と熱源機器オブジェクトの開発, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2006, No.3, pp.1881-1884, 2006.09.05
6. 吉永美香, 丹羽英治, 杉原義文, 三浦克弘, 菰田英晴, 安友哲志, 宮島裕二, 渡辺剛: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第5報)空調機器オブジェクトの開発, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2006, No.3, pp.1885-1888, 2006.09.05
7. 富樫英介, 田辺新一, 丹羽英治, 杉原義文: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第6報)ニューラルネットワークを用いた熱源機器オブジェクトの開発, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2006, No.3, pp.1889-1892, 2006.09.05
8. 奥宮正哉, 丹羽英治, 杉原義文, 柳井崇, 吉永美香, 伊藤誠恭: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第7報)ライフサイクルの各段階におけるシミュレーションの適用と試算例, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2006, No.3, pp.1893-1896, 2006.09.05
9. 田中英紀, 丹羽英治, 杉原義文, 吉永美香, 渡辺剛, 菰田英晴, 安友哲志, 宮島裕二, 伊藤誠恭: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第8報)シミュレーションツールの全体像と新規オブジェクトの開発概要, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.653-656, 2007.08.24
10. 渡邊剛, 山口弘雅, 林英人, 杉原義文, 丹羽英治: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第9報)蓄熱システム関連オブジェクトの開発, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.657-660, 2007.08.24
11. 藤崎亘, 生田目早苗, 杉原義文, 丹羽英治: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第10報)コージェネレーションによる熱回収システム関連オブジェクトの開発, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.661-664, 2007.08.24
12. 小池万里, 丹羽英治, 佐藤正章, 下田吉之, 伊藤誠恭, 坂本雄三: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第11報)シミュレーションのための熱負荷入力条件に関する検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.665-668, 2007.08.24
13. 加藤慎章, 村西良司, 笠原豪剛, 山口弘雅, 杉原義文, 小池万里, 丹羽英治, 奥宮正哉: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第12報)蓄熱槽を有する熱源システムの性能検証・運用改善検討への適用例, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.669-672, 2007.08.24
14. 生田目早苗, 藤掛高昭, 藤崎亘, 杉原義文, 丹羽英治, 船谷昭夫, 奥宮正哉: ライフサイクルエネルギー管理のための空調システムシミュレーション開発(第13報)コージェネレーションによる熱回収システムの初期性能検証・評価への適用例, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.673-676, 2007.08.24

15. 奥宮正哉, YOON Gyo-young, 柳井崇, 丹羽英治, 杉原義文, 三浦克弘, 伊藤誠恭, 志保井隆, 時田繁: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第14報)モデル庁舎における適用例(1)企画・設計段階, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.677-680, 2007.08.24
16. 柴田克彦, 奥宮正, 丹羽英治, 杉原義文, 上谷勝洋, 伊藤誠恭, 志保井隆, 時田繁: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第15報)モデル庁舎における適用例(2)施工・運用管理段階, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2007, No.1, pp.681-684, 2007.08.24
17. 田中英紀, 丹羽英治, 杉原義文, 吉永美香, 山口弘雅, 生田目早苗, 渡辺剛, 志保井隆: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第16報)中央熱源空調方式のためのオブジェクト開発状況, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2008, No.1, pp.689-692, 2008.08.08
18. 佐藤孝輔, 坂本雄三, 亀谷茂樹, 丹羽英治, 塩地純夫, 中野定康: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第17報)個別分散空調方式のためのオブジェクト開発状況, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2008, No.1, pp.693-696, 2008.08.08
19. 佐藤正章, 時田繁, 伊藤誠恭, 奥宮正哉, 松縄堅, 丹羽英治: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第18報)新築既存建物における LCEM ツールの適用手順, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2008, No.1, pp.697-700, 2008.08.08
20. 野部達夫, 富樫英介, 佐藤正章, 鹿又一秀, 時田繁, 丹羽英治: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第19報)既存機器特性等の設定方法検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2008, No.1, pp.701-704, 2008.08.08
21. 生田目早苗, 藤掛高昭, 奥宮正哉, 富樫英介, 丹羽英治, 杉原義文: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第20報)既存建物における適用例(1)機器特性同定手法の適用, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2008, No.1, pp.705-708, 2008.08.08
22. 井上聡, 村西良司, YOON Gyuyoung, 奥宮正哉, 小池万里, 丹羽英治: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第21報)既存建物における適用例(2)ライフサイクルの各段階における空調システム全体評価への適用検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2008, No.1, pp.709-712, 2008.08.08
23. 何原一平, 丹羽英治, 杉原義文, 田中英紀, 富樫英介, 佐々木裕文, 宮島裕二, 伊藤誠恭, 渡辺剛: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第22報)LCEM ツール Ver.3 のオブジェクト開発・整備, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2009, No.3, pp.2275-2278, 2009.08.18
24. 佐藤孝輔, 坂本雄三, 亀谷茂樹, 丹羽英治, 赤羽元, 塩地純夫: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第23報)個別分散空調モデルの検証, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2009, No.3, pp.2279-2282, 2009.08.18
25. 上谷勝洋, 太田信, 柳井崇, 佐藤正章, 丹羽英治, 奥宮正哉: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第24報)既存機器特性の実用的設定方法の検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2009, No.3, pp.2283-2286, 2009.08.18
26. 柴田克彦, 林英人, 山口弘雅, 丹羽英治, 奥宮正哉: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第25報)施工段階におけるライフサイクルエネルギーマネージメントの試行, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2009, No.3, pp.2287-2290, 2009.08.18
27. 武田晃成, 奥宮正哉, 丹羽英治, 林立也: ライフサイクルエネルギーマネージメントのための空調システムシミュレーション開発(第26報)運用段階におけるライフサイクルエネルギーマネージメントの試行, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, Vol.2009, No.3, pp.2291-2294, 2009.08.18

#### <国際シンポジウム>

28. Masayasu ITO, Shuzo MURAKAMI, Tatsuya NOBE, Yuzo SAKAMOTO, Masaya OKUMIYA, Hideharu NIWA, Shigeru TOKITA, Katashi MATSUNAWA, Yoshibumi SUGIHARA, Masaaki SATO, Yusuke MURAYAMA, Takashi SHIBOI, Toru ICHIKAWA, Yasue FURUTA, Akio FUNATANI, Junya HAMANE, Ryoji MURANISHI,

Takamichi KUSAFUKA: Development of HVAC System Simulation Tool for LCEM (Life Cycle Energy Management), Clima 2007 WellBeing Indoors in Helsinki on June 10-14, 2007, 1~8

29. Masayasu Ito , Shuzo Murakami, Masaya Okumiya, Shigeru Tokita, Hideharu Niwa, Yoshibumi Suigihara, Hideki Tanaka, Takeshi Watanabe, Mika Yoshinaga, Katsuhiko Miura, Hideharu Komoda, Yuji Miyajima, Tetsuji Yasutomo, Sanae Namatame and Hiromasa Yamaguchi: Development of Hvac System Simulation Tool for Life Cycle Energy Management Part 1: Outline of the Developed Simulation Tool for Life Cycle Energy Management, Building Simulation 2007 in China on September 3-6, 2007, 1610~1615
30. Yoshibumi Sugihara, Hideharu Niwa, Masayasu Ito, Shigeru Tokita, Hideki Tanaka, Takeshi Watanabe, Mika Yoshinaga, Katsuhiko Miura, Hideharu Komoda, Yuji Miyajima: Development of Hvac System Simulation Tool for Life Cycle Energy Management Part 2: Development of Component Models for Hvac Equipments, Building Simulation 2007 in China on September 3-6, 2007, 1616~1622
31. M. OKUMIYA, H. NIWA, Y. SUGIHARA, M. ITOU, M. YOSHINAGA, T. YANAI, K. SHIBATA, K. KAMITANI, S. TOKITA, T. FUJIKAKE, G. YOON: Development of Hvac System Simulation Tool for Life Cycle Energy Management Part 3: Case Studies Using Developed Tool on Each Phase Of Life Cycle, Building Simulation 2007 in China on September 3-6, 2007, 1623~1629
32. Masayasu ITO, Hideharu NIWA, Masaya OKUMIYA, Yoshibumi SUGIHARA: Development of HVAC system simulation tool for life cycle energy management, the 12th International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, July, 2008, 1

<寄稿論文>

Masayasu Ito, Shuzo Murakami, Masaya Okumiya, Shigeru Tokita, Hideharu Niwa, Yoshibumi Suigihara, Hideki Tanaka, Takeshi Watanabe, Mika Yoshinaga, Katsuhiko Miura, Hideharu Komoda, Yuji Miyajima, Tetsuji Yasutomo, Sanae Namatame, Hiromasa Yamaguchi: Development of HVAC system simulation tool for life cycle energy management Part 1: Concept of life cycle energy management and outline of the developed simulation tool, Building Simulation, Building Simulation, Vol. 1, No. 2. (19 June 2008), pp. 178-191

## 付録 1. 「設計業務委託仕様書」への必要記載事項（案）

### 1.1 LCEM 適用についての一般事項

#### 1) 適用目的

（記載例）

国家機関の建築物及びその附帯施設（以下「官庁施設」という。）における企画から設計、施工、運転管理、改修を通じた空気調和システムのエネルギー性能の向上に資する官庁施設のライフサイクルを通じたエネルギーマネジメント（以下「ライフサイクルエネルギーマネジメント」という。）を実施することにより、官庁施設における二酸化炭素排出量の削減による地球温暖化対策等に寄与することを目的とする。

#### 2) 適用範囲

- ①対象システム：ex. 熱源サブシステム
- ②対象室等：ex. 熱源機械室・屋上・パイプシャフト等

#### 3) 関係者とその役割

- ①発注者：国土交通省大臣官房官庁営繕部
  - ・ ライフサイクルエネルギーマネージャー（以下LCEM<sub>r</sub>）の選定・指名
  - ・ 疑義が発生したときの調整方法
  - ・ その他
- ②LCEM<sub>r</sub>：大臣官房官庁営繕部が指名する技術担当者
  - ・ LCEMに係わる指標の明示：ex. 熱源システムの定格／期間COP  
熱源機の定格／期間COP等
  - ・ 同上に係わる目標値の明示（同上に対する具体的数値目標）
  - ・ 検討のための境界条件・使用条件等の明示→（標準熱負荷モードを提示）
  - ・ 設計者に提出を求める成果品の明示（1.2 参照）
  - ・ 設計者からの同上成果品等の内容確認・承認
  - ・ 必要に応じて、目標値の修正と関係者への周知

③設計者：1.2 参照

#### 4) 適用マニュアル／ツール等

- ①適用マニュアル
  - ・ 手引書「LCEMツール解説書（仮称）」を適用する。
- ②適用ツール
  - ・ 国土交通省大臣官房官庁営繕部が提供するLCEMツール（Ver. 3）を適用する。
    - 注1) 改ざん阻止に関するリスク回避の担保に関する記述が重要
    - 注2) 検討しようとする機器のオブジェクトがLCEMツールに用意されていない場合の対処方法について記述が必要
  - ・ LCEM<sub>r</sub>の確認
  - ・ 第三者による認証等

### 1.2 設計者への要求事項

#### 1) 基本設計段階

- ①複数の代替システム案の選定
  - ・ LCEM<sub>r</sub>に報告し、承認を得る
- ②LCEM検討書（基本設計段階）の作成
  - ・ LCEM<sub>r</sub>から提示された指標・目標値に照らして検討書を作成・提出
  - ・ 目標値の達成が困難な場合にはLCEM<sub>r</sub>と打ち合わせの上、修正提案を行う。

(LCEMrは検討書を承認する。必要に応じて目標値を修正し、関係者へ周知する)

③基本計画書(案)を作成し、LCEMrに提出

- ・ LCEMを含む総合的な見地から採用システムを提案  
(LCEMrは同計画書を検討の上、承認等)

## 2) 実施設計段階

①基本設計を踏まえて、詳細検討を行う。

②LCEM検討書(実施設計段階)を作成・提出

- ・ 目標値の達成見通しについて確認する。
- ・ 必要に応じて目標値の修正提案を行う。(LCEMrは計算書や修正提案を確認の上、承認する。必要に応じて修正し、関係者に周知する)
- ・ 計算に用いたオブジェクトおよび構築した対象システムを提出する。

③実施設計図書へのLCEM関連の必要事項記述

- ・ 機器表：熱源機の部分負荷時COP、期間COPの記述
- ・ 特記仕様書：
  - 対象システムに関する性能(熱源システムの期間COP等)の記述
  - 上記性能を確認するために必要な計測項目、BEMSの仕様等の記載
  - 工事段階における機器製作承認時の施工者への要求事項の記述→2.2参照
  - 工事段階における試運転調整時の施工者への要求事項の記述→2.2参照
  - 工事段階における検収時の施工者への要求事項の記述→2.2参照
  - その他
- ・ 見積要項書：
  - LCEM関連見積項目の記述
  - LCEM関連工程計画書の提出を要求する記述
  - その他

## 3) 設計検収段階

①LCEMrによる確認・検収

- ・ LCEMツールを用いた機器単体、熱源サブシステムの目標値達成状況の確認
- ・ LCEM検討書の引渡し(検討書作成に用いたLCEMツール、操作説明等を含む)
- ・ 関係者への検収終了状況の通知(受け取りの同意)
- ・ その他

## 付録2. 「工事発注仕様書」への必要記載事項（案）

### 1. LCEM適用についての一般事項

#### 1) 適用目的

（記載例）

国家機関の建築物及びその附帯施設（以下「官庁施設」という。）における企画から設計、施工、運転管理、改修を通じた空気調和システムのエネルギー性能の向上に資する官庁施設のライフサイクルを通じたエネルギーマネジメント（以下「ライフサイクルエネルギーマネジメント」という。）を実施することにより、官庁施設における二酸化炭素排出量の削減による地球温暖化対策等に寄与することを目的とする。

#### 2) 適用範囲

①対象システム：ex. 熱源サブシステム

②対象室等：ex. 熱源機械室・屋上・パイプシャフト等

#### 3) 関係者とその役割

①発注者：国土交通省大臣官房官庁営繕部

- ・ ライフサイクルエネルギーマネージャー（以下LCEMr）の選定・指名
- ・ 疑義が発生したときの調整
- ・ その他

②LCEMr：国土交通省大臣官房官庁営繕部が指名する技術担当者

- ・ LCEMに係わる指標の明示：ex. 熱源システムの定格／期間 COP  
熱源機の定格／期間 COP 等
- ・ 同上に係わる目標値の明示（同上に対する具体的数値目標）
- ・ 検討のための境界条件・使用条件等の明示（→標準熱負荷モードを提示）
- ・ 施工者に提出を求める成果品等の明示（→2.2 参照）
- ・ 施工者からの同上成果品等の内容確認・承認
- ・ 必要に応じての目標値の修正と関係者への周知
- ・ 施工段階における検収計画書の作成・明示

③設計者

④工事監理者

⑤施工者：2.2 参照

#### 4) 適用マニュアル／ツール等

①適用マニュアル

- ・ 手引書「LCEMツール解説書（仮称）」を適用する。

②適用ツール

- ・ 国土交通省大臣官房官庁営繕部が提供するLCEMツール（Ver.3）を適用する。  
注1) 改ざん阻止に関するリスク回避の担保に関する記述が重要

## 2. 施工者への要求事項

### 1) 工事着手段階

#### ① LCEM工程計画書の作成・提出

- ・ LCEM関連の工程計画を工程計画書に反映させる。  
(LCEMrは同上内容を確認して同意する)

### 2) 機器製作承認段階

#### ① 納入予定機器の選定

#### ② LCEM検討書（施工段階／機器製作承認）の作成・提出

- ・ 採用しようとする機器の特性によって達成される期間性能を指定された性能以上にする  
こととする。
- ・ 設計時に作成されたLCEMツールを利用して、発注機器の性能のみを入れ替えてシミュ  
レーションを行い、設計時に設定した性能以上になっているかどうかをチェックする。  
注1) 発注予定機器のオブジェクトがLCEMツールに用意されていない場合の対処方  
法について、記述が必要

#### ③ 機器製作承認図の作成・提出

- ・ 上記を踏まえて、機器製作承認図を作成し、工事監理者に提出  
(工事監理者はLCEMrの同意を得て、機器製作承認図を承認等)

### 3) 試運転調整段階

#### ① 試運転調整計画書の作成・提出

- ・ LCEMrの要求事項を踏まえて、試運転調整計画書を作成、提出する。  
(LCEMrは同上内容を確認し、承認する。)

#### ② 試運転調整の実施

- ・ 必要データを採取する（必要に応じてLCEMrの立会い）

#### ③ LCEM検討書（施工段階／試運転調整）を作成・提出

- ・ 試運転時での負荷（処理熱量）と外界条件等を与えてシミュレーションを行い、試運転実  
測値と比較する。なお、試運転はある程度の範囲を持った複数ポイントの条件下において  
実施する。
- ・ 機器単体での目標値達成状況の確認
- ・ 熱源システムとしての目標値達成状況の確認
- ・ 以上をLCEMrに報告し、承認を得る。

### 4) 検収段階

#### ① 検収支援（施工者による支援）

- ・ システムの運転支援（引渡し前なので、施工者が運転）
- ・ システムの計量／計測の支援（同上）

#### ② LCEMrによる確認・検収

- ・ LCEMツールを用いた機器単体、熱源サブシステムの目標値達成状況の確認  
(施工者：必要に応じて手直し工事)
- ・ LCEM検討書の引渡し（検討書作成に用いたLCEMツール、操作説明等を含む）
- ・ 関係者への検収終了状況の通知（受け取りの同意）