



省エネルギー建築の現在と未来

国土交通省 国土技術政策総合研究所
宮田 征門



国土技術政策総合研究所（国総研）

- 茨城県つくば市
- 住宅・社会資本分野で唯一の
国立研究機関
- 土木/建築/湾岸分野の研究者
(約250名)



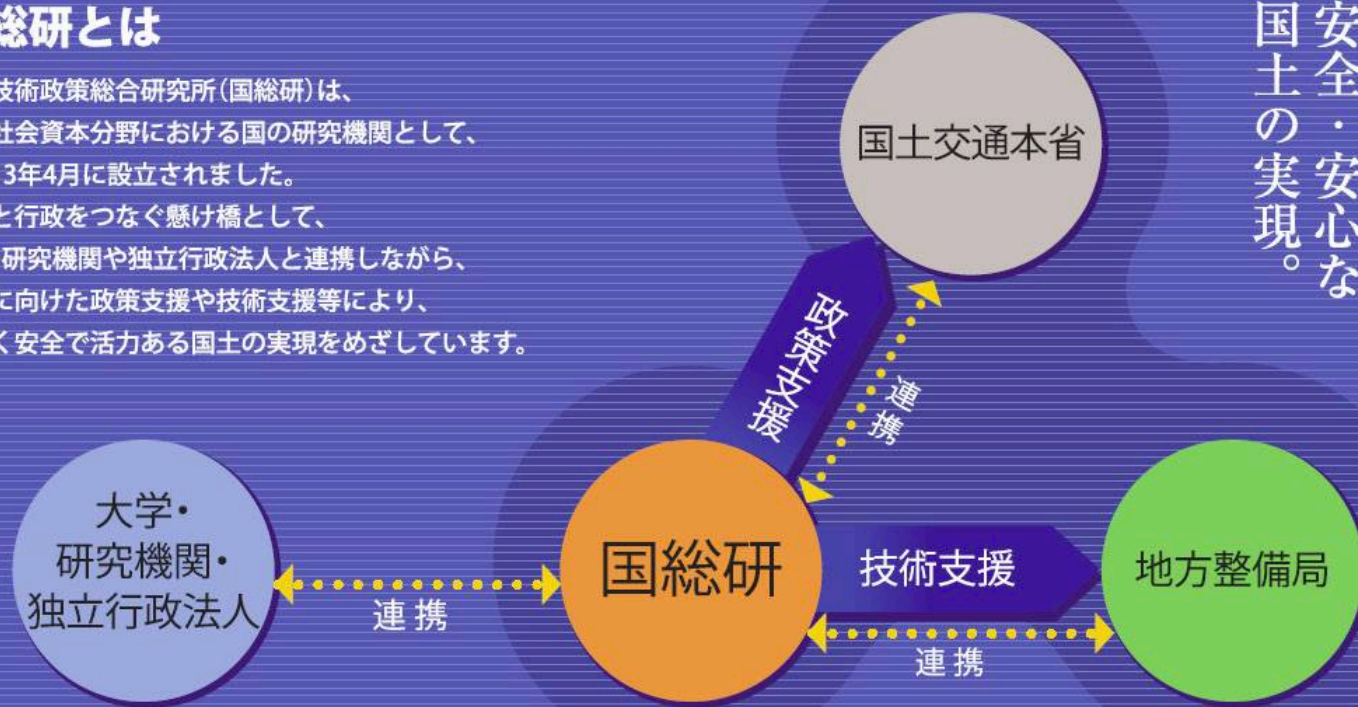
国総研の役割

- 国交省と密接に連携して、政策支援を行う。
- 土木、**建築**、湾岸に係る規制・支援・誘導策の立案

国総研とは

国土技術政策総合研究所(国総研)は、住宅社会資本分野における国の研究機関として、平成13年4月に設立されました。研究と行政をつなぐ懸け橋として、大学・研究機関や独立行政法人と連携しながら、行政に向けた政策支援や技術支援等により、美しく安全で活力ある国土の実現をめざしています。

美しく
安全・安心な
国土の実現。



国総研の役割

- 政策の企画・立案に資する研究
- 事業の執行・管理に必要な「技術支援」
- 法令等に基づく「技術基準策定」に関する研究

省エネ基準：Webプログラムの提供

📄 エクセルファイルに
情報を記入



ステップ 1

📄 ファイルを
アップロード



ステップ 2

📄 計算結果(スコア)を
ダウンロード



ステップ 3

標準入力法 (詳細法)



モデル建物法 (簡易法)

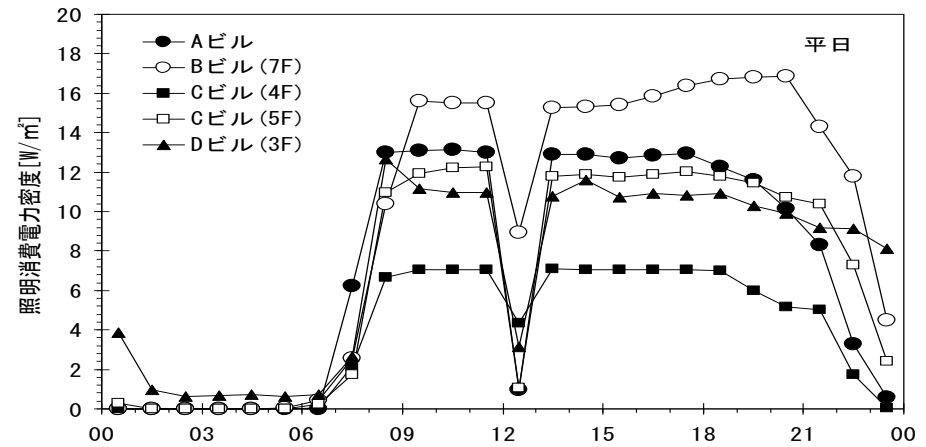


約1800人/日利用



実態を踏まえた評価指標

- 様々な技術を横並びで評価をするため、**高い信頼性・公平性**が求められる。
- 実証実験、実態調査を行い、**実態値としての省エネ効果**を算出する手法を開発



住宅に設置されるエアコン等の運転効率の実態値を分析するための実証実験を実施

(この実験住宅には人の生活を模擬するための装置が設置されており、リアリティのあるデータを取得可能。実験結果を基に、機器のエネルギー消費量を算出する数理モデルを構築)

非住宅建築物の室の使われ方（空調時間、照明や機器の発熱量の変動等）について実態調査を実施

(計29件の実建物にセンサーを設置して情報を収集。この結果を基に、標準的な室使用条件を規定。上図は、事務所ビルにおいて照明の発熱量を計測した事例)

省エネルギー建築の現在と未来

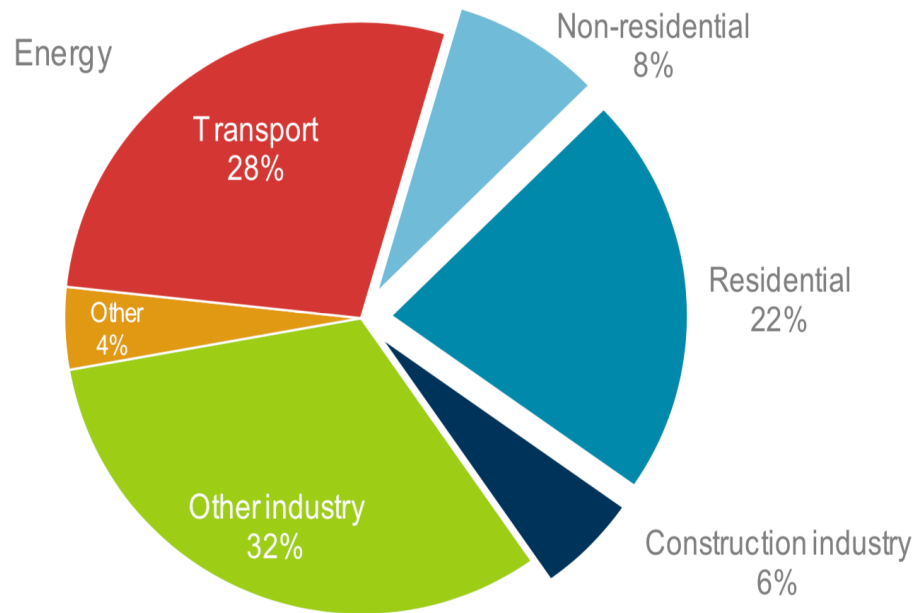
- (1) 省エネ規制の動向
- (2) 省エネ設計の現状
- (3) これからの省エネ設計

(1) 省エネ規制の動向

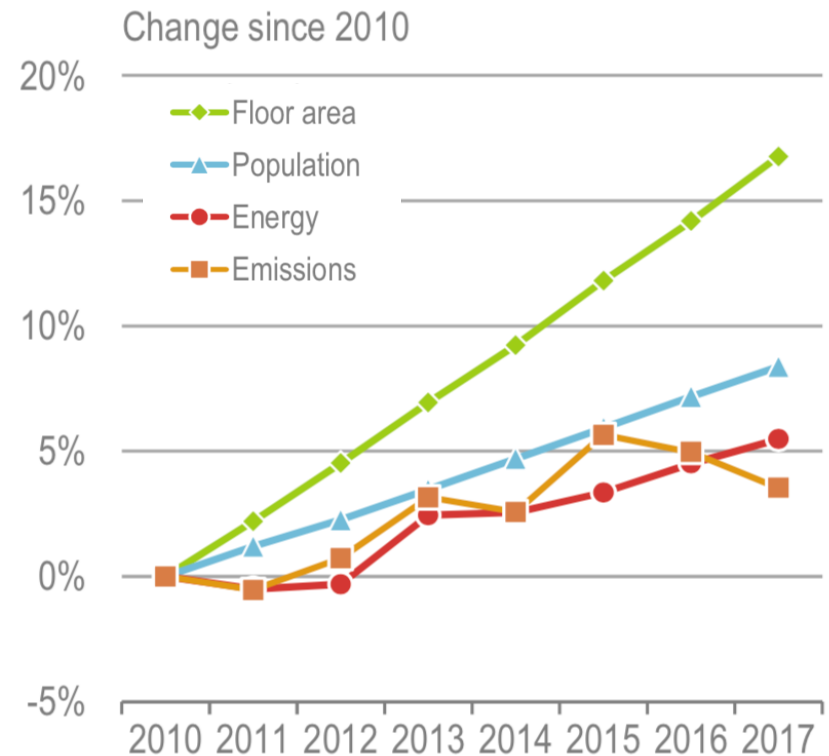


世界の最終エネルギー消費 2018

- 民生（建築）部門 = 36%



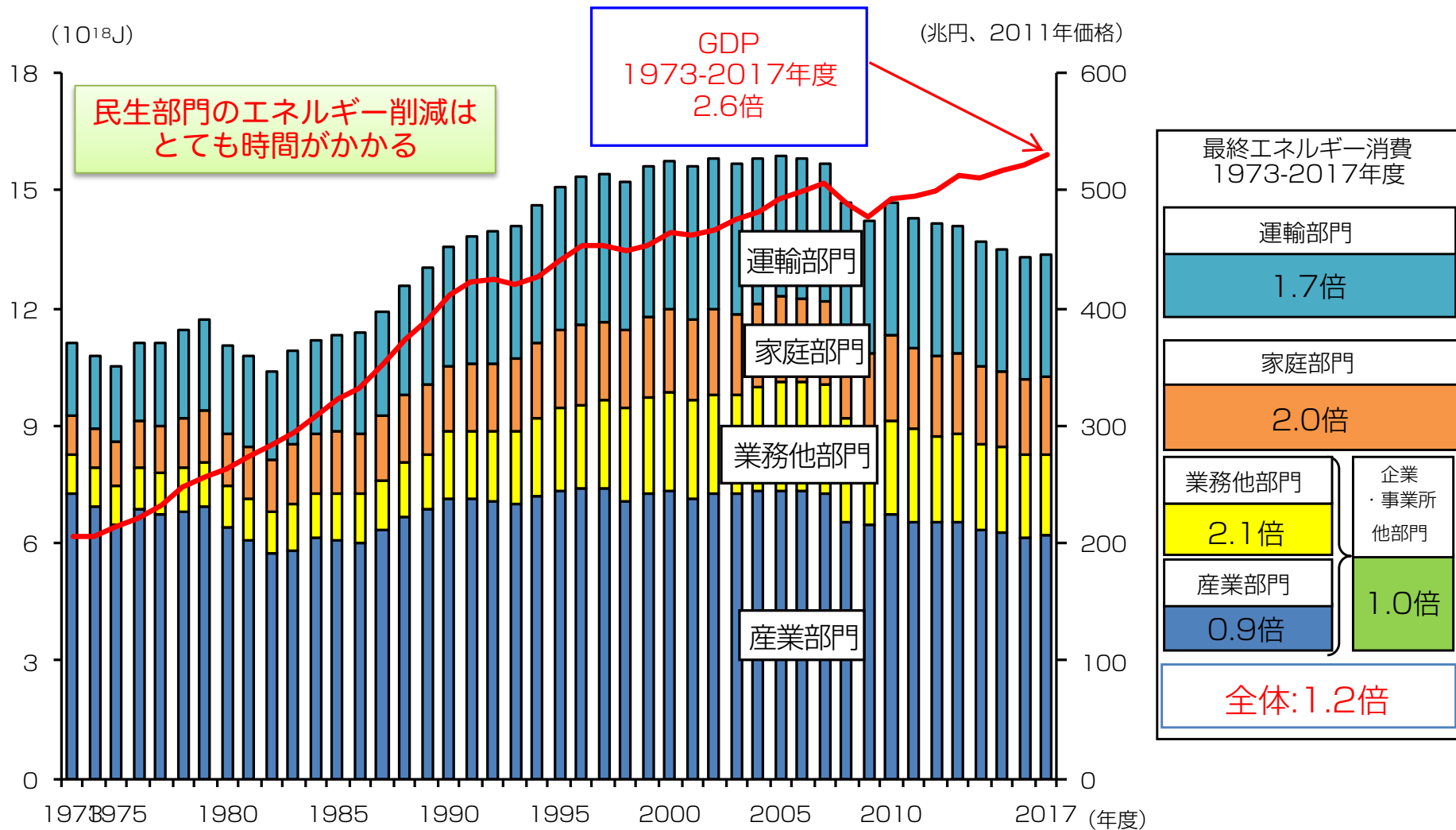
民生部門の変化率



Note: *Construction industry* is an estimate of the portion of the overall industry sector that applies to the manufacture of materials for buildings construction, such as steel, cement and glass.

Sources: Derived from IEA (2018a), *World Energy Statistics and Balances 2018*, www.iea.org/statistics and IEA *Energy Technology Perspectives buildings model*, www.iea.org/buildings.

日本の最終エネルギー消費の推移 2018

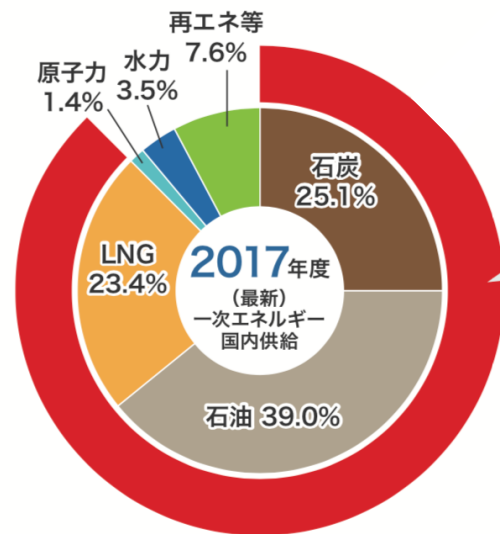
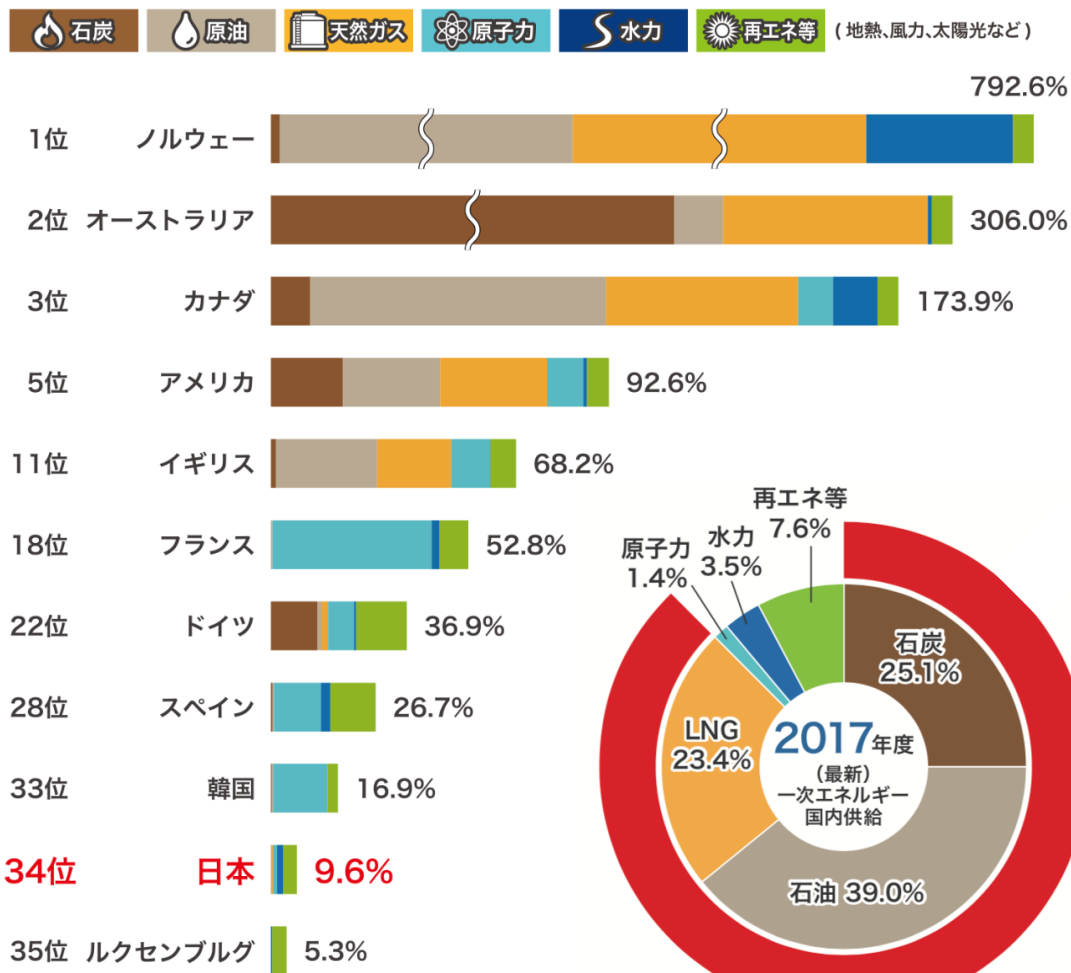


出典: <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2019html/2-1-1.html>

日本のエネルギー自給率 2018

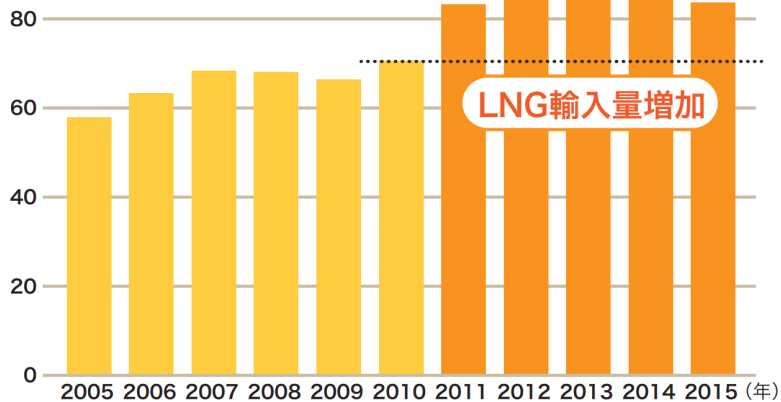


主要国の一次エネルギー自給率比較(2017年)



化石燃料依存率 87.4%

LNG輸入量 (百万トン)



出典：エネルギー白書 2017【第 213-1-9】天然ガスの国産、輸入別の供給量
 経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」、「電力調査統計月報」、
 財務省「日本貿易月表」、経済産業省「ガス事業統計月報」を基に作成

出典：<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2018/html/001/>

我が国の建築物に係る省エネルギー施策



省エネ法（建築物に係る措置）

- ・ 省エネ計画書（設計性能）の届出義務
（300㎡以上の住宅・建築物）

2017.4～



<国土交通省>

省エネ法（工場等に係る措置）

- ・ エネルギー使用状況の報告義務
- ・ 中長期計画の提出義務
（エネルギー使用量が原油換算で1,500kl以上の事業者）

<経済産業省>

建築物省エネ法

- ・ 2000㎡以上の非住宅建築物は適合義務。
（適合性判定を受ける義務、適合の義務）
- ・ 300㎡以上の住宅・非住宅は省エネ計画書の届出義務

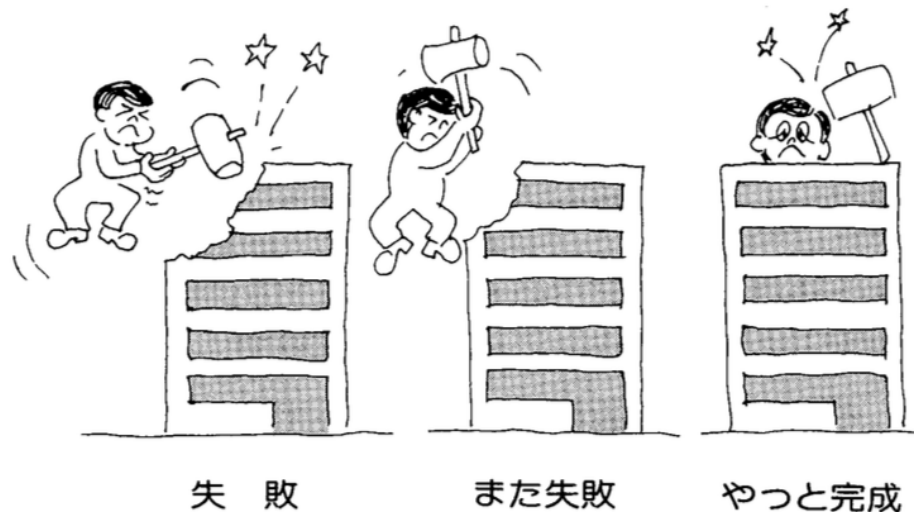
2021～？



- ・ 300㎡以上の非住宅建築物は適合義務。
- ・ 全ての住宅・非住宅について、省エネ性能の説明義務。

設計時の性能評価の重要性

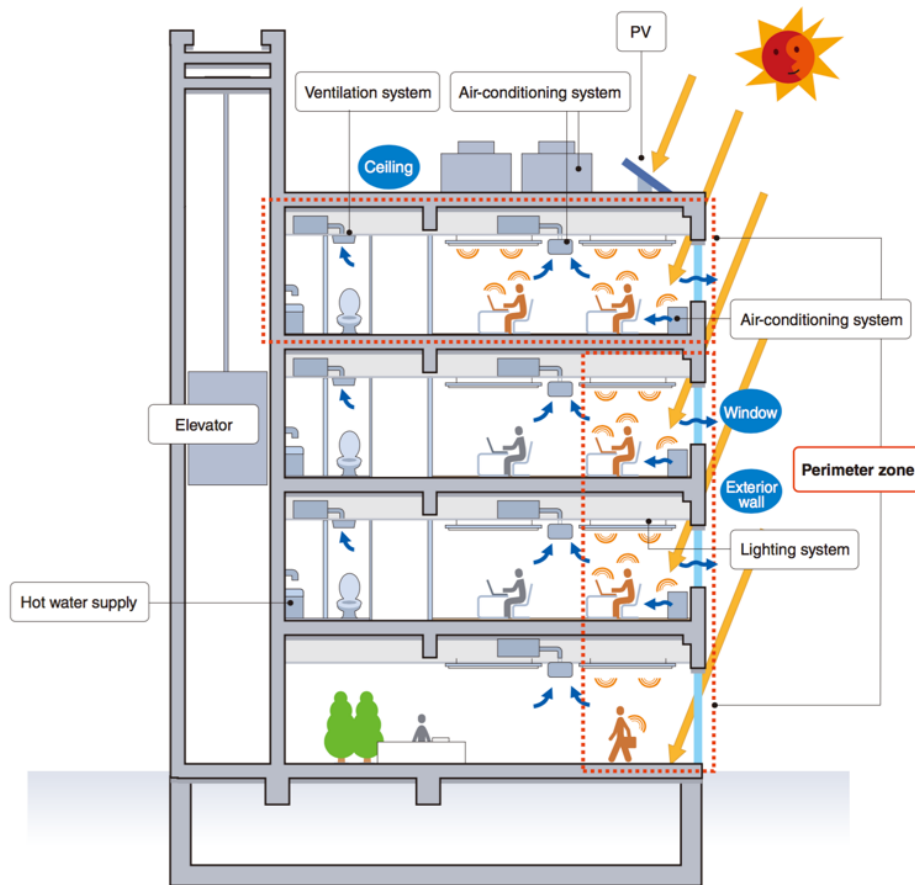
- 建築物は一品生産！ ← 工業製品とは異なる。
- エネルギー消費量は、**設計の善し悪し**で大きく変わる。
- 建築主（オーナー）は「冷暖房、換気、照明、給湯、昇降機」等の『必要機能』を要求
 - この要求を満たした結果として、**どの程度のエネルギー消費になるかを示す（説明する）**ことが重要。



試作はできない

※ IBEC講習会(H12)テキスト p1

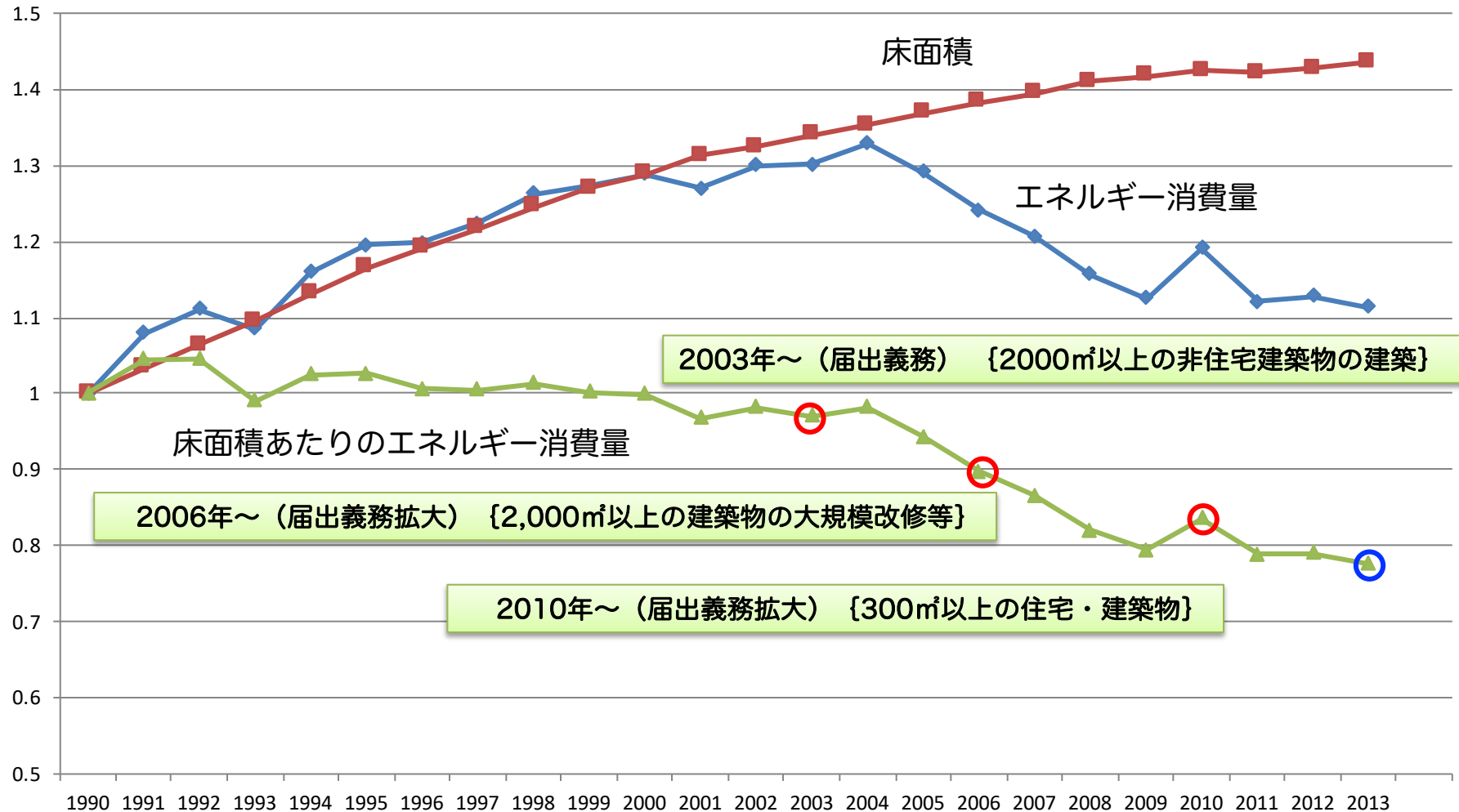
省エネ基準（建築物省エネ法、非住宅）



- 外皮基準
 - 壁、屋根、ピロティ床
 - 開口部（窓）
- 設備基準 = 一次エネ基準
 - 空気調和設備
 - 機械換気設備
 - 照明設備
 - 給湯設備
 - 昇降機
 - 太陽光発電
 - コジェネレーション
 - その他（コンセント電力）

- 設計一次エネルギー消費量（設計値）
- 基準一次エネルギー消費量（基準値）
- $BEI = (設計値 - その他) / (基準値 - その他)$

民生部門（非住宅）のエネルギー消費量



(Sources) Prepared on the basis of *the Handbook of Japan's & World Energy & Economic Statistics* issued by the Institute of Energy Economics, Japan.

我が国の目標（約束草案）

- パリ協定を踏まえた削減目標

	CO ₂ 排出量（百万t-CO ₂ ）			最終エネルギー消費量（百万kl）		
	2013 年度 実績	2030 年度 の目安	（参考） 削減率	2013 年度 実績	2030 年度 の目標	（参考） 削減率
全体	1,235	927	▲25%	361	326	▲10%
産業部門	429	401	▲7%	160	170	6%
住宅・建築物分野	480	290	▲40%	117	94	▲20%
業務その他部門	279	168	▲40%	65	56	▲14%
家庭部門	201	122	▲39%	52	38	▲27%
運輸部門	225	163	▲28%	84	62	▲26%
エネルギー転換部門	101	73	▲28%	-	-	-

[Sources] Ministry of Economy, Trade and Industry: Long-term energy supply and demand outlook July, 2015

最低水準と段階的な目標設定（非住宅）

BEI

$$\text{BEI} = \text{設計一次エネ} / \text{基準一次エネ}$$

0.00

ZEB

BEI=1.0

平成25年（2013年）時点での
標準的な外皮・設備仕様を想定

0.25

Nearly ZEB

0.50

ZEB Ready

（ただし、再生可能エネルギー分は除いて評価をする）

建築物省エネ法で規定

0.80

性能向上計画認定

（新築、改修等）

1.00

省エネルギー基準

（2017年春から適合義務化）



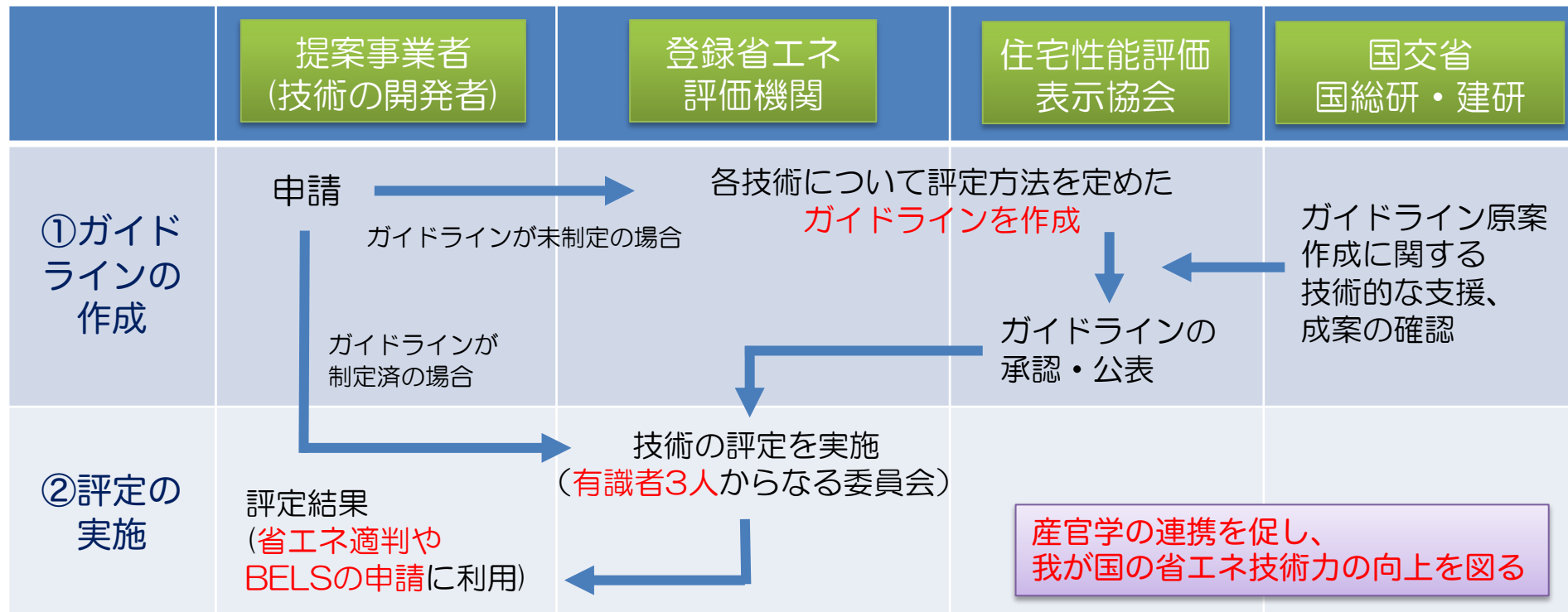
High

Low



先進的な技術による省エネ効果の認定

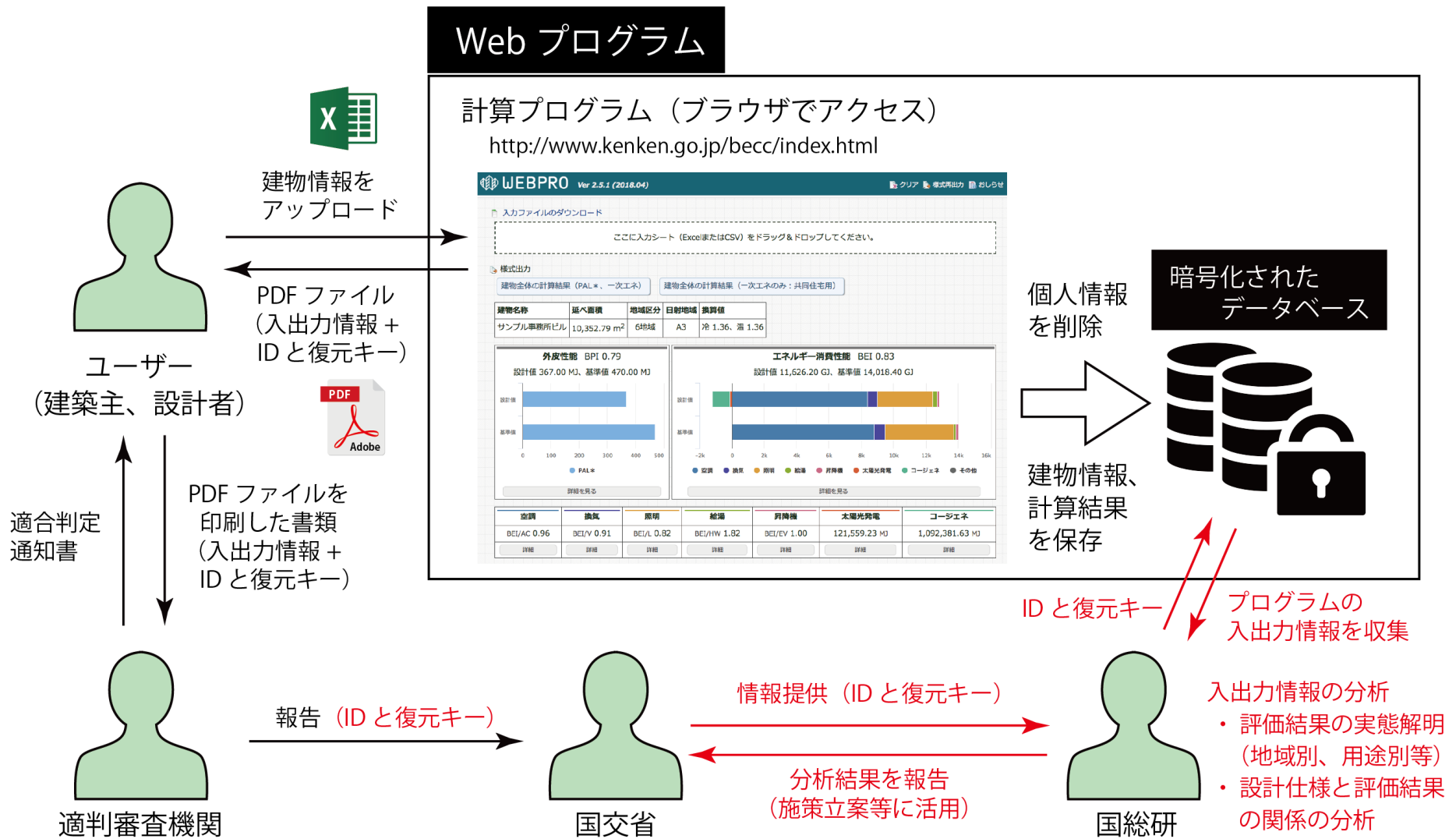
- 登録省エネ評価機関を活用した評価制度（任意評価制度）**
 - 省エネ効果の一般化が困難な技術について、**登録省エネ評価機関が性能を個別認定**
 - 主に、ラベリング制度（BELS等、補助金等と連動）における利用を想定。
 - 国交省住宅局、国総研・建研で協議し、スキームを構築。
 - 平成29年3月15日付けの技術的助言（国住建環第215号、国住指第4190号）
 - 平成29年7月より運用開始（事務局：住宅性能評価・表示協会）**



(2) 省エネ設計の現状



Webプログラムによるデータ収集



2018年度省エネ適判・届出実績

・ 2018年度 地域別、新築のみ

地域の区分	標準入力法				モデル建物法				計	割合
	総数	300m ² 未満	300～2000m ²	2000m ² 以上	総数	300m ² 未満	300～2000m ²	2000m ² 以上		
1地域	16	0	13	3	192	0	148	44	208	2%
2地域	26	0	24	2	319	2	230	87	345	3%
3地域	31	0	25	6	566	8	443	115	597	4%
4地域	70	2	58	10	942	4	749	189	1012	7%
5地域	111	2	80	29	2675	21	1988	666	2786	20%
6地域	431	5	315	111	7246	44	5464	1738	7677	56%
7地域	38	0	34	4	645	5	516	124	683	5%
8地域	32	1	26	5	285	1	210	74	317	2%
計	755	10	575	170	12870	85	9748	3037	13625	
割合	6%	0%	4%	1%	94%	1%	72%	22%		

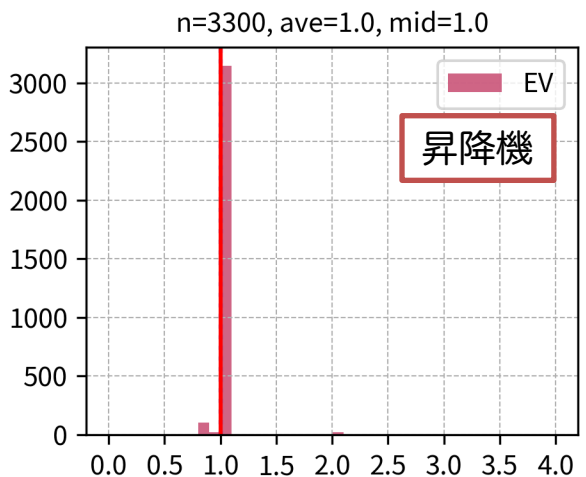
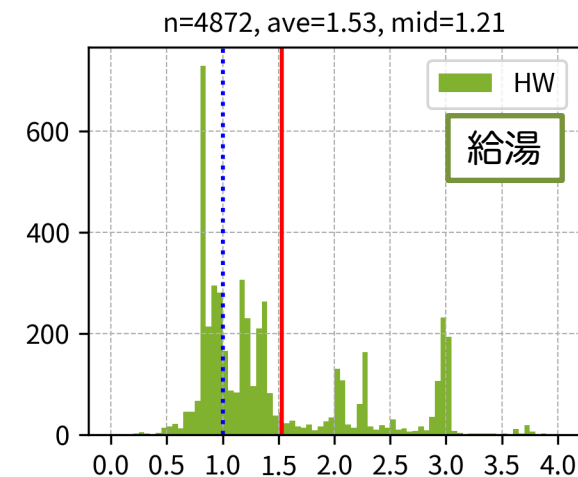
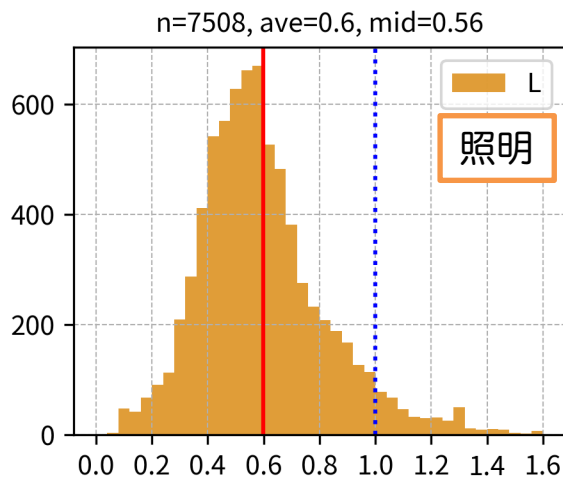
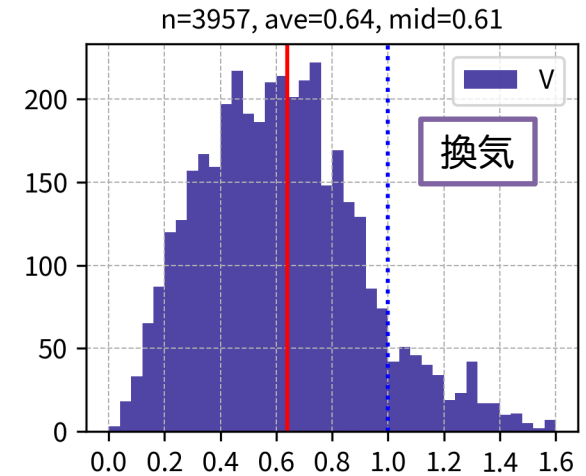
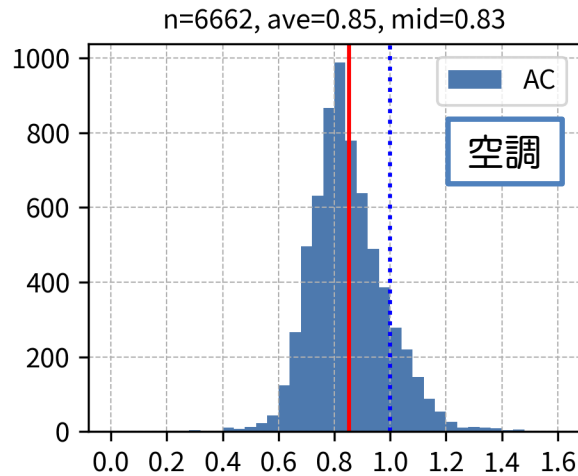
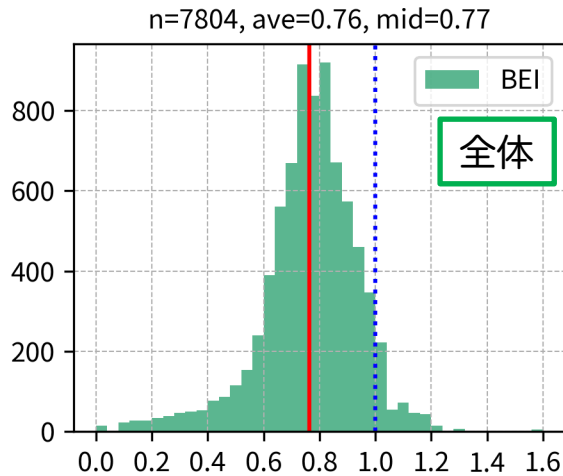
- ・ 総申請物件数は 16101件（新築 14735件、増改築1366件）
- ・ 新築のうち、1076件は計算対象設備なし、34件はデータ取得できず。

モデル建物法 建物用途別の申請件数

主たる建物用途	地域の区分								計	割合
	1地域	2地域	3地域	4地域	5地域	6地域	7地域	8地域		
事務所	44	73	128	240	630	1819	142	34	3110	24%
ビジネスホテル	35	26	30	29	51	441	49	99	760	6%
シティホテル	1	0	5	2	4	13	4	4	33	0%
総合病院	1	7	4	9	22	96	12	1	152	1%
クリニック	4	6	17	22	90	221	24	5	389	3%
福祉施設	13	53	52	75	303	718	69	18	1301	10%
学校	6	8	9	15	53	196	20	13	320	2%
幼稚園	15	31	39	69	183	703	77	17	1134	9%
大学	2	5	2	4	19	55	4	2	93	1%
講堂	0	0	2	0	12	29	4	0	47	0%
大規模物販	7	15	19	50	151	281	31	5	559	4%
小規模物販	13	30	56	111	292	807	53	30	1392	11%
飲食店	3	8	14	22	55	253	16	15	386	3%
集会所	8	16	51	65	144	373	35	14	706	5%
工場	40	41	138	229	666	1241	105	28	2488	19%
共同住宅共用部	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
既存部分	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
計	192	319	566	942	2675	7246	645	285	12870	
割合	1%	2%	4%	7%	21%	56%	5%	2%		

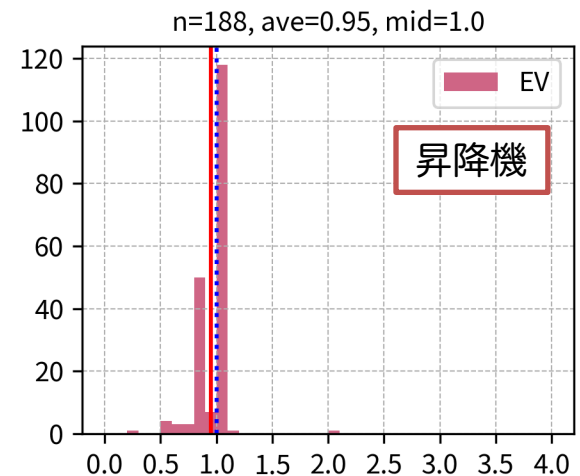
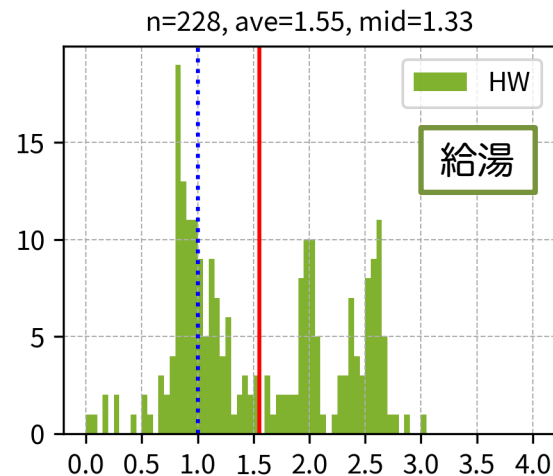
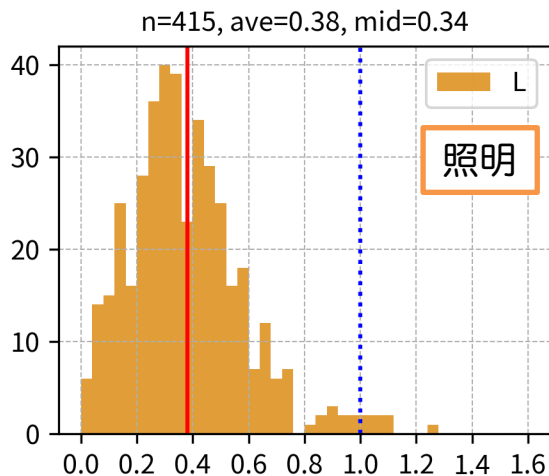
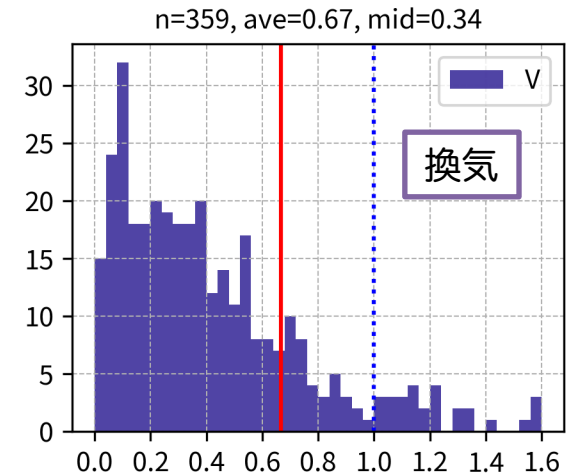
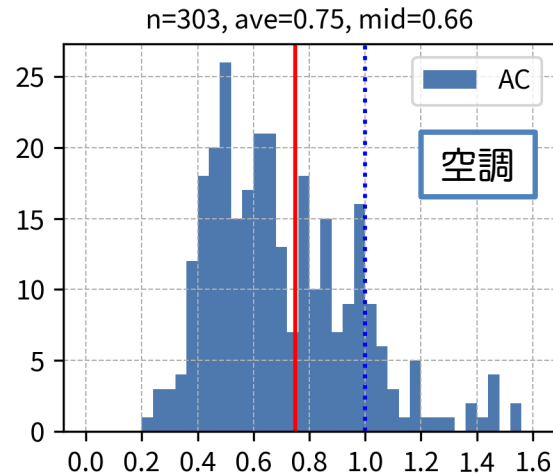
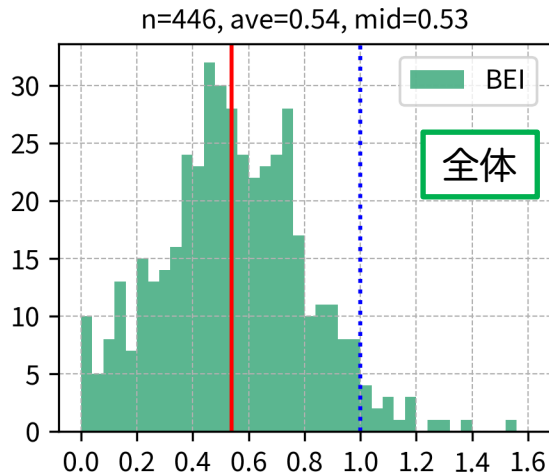
モデル建物法（簡易法）

BEI分布（全建物用途, モデル建物法）：6地域



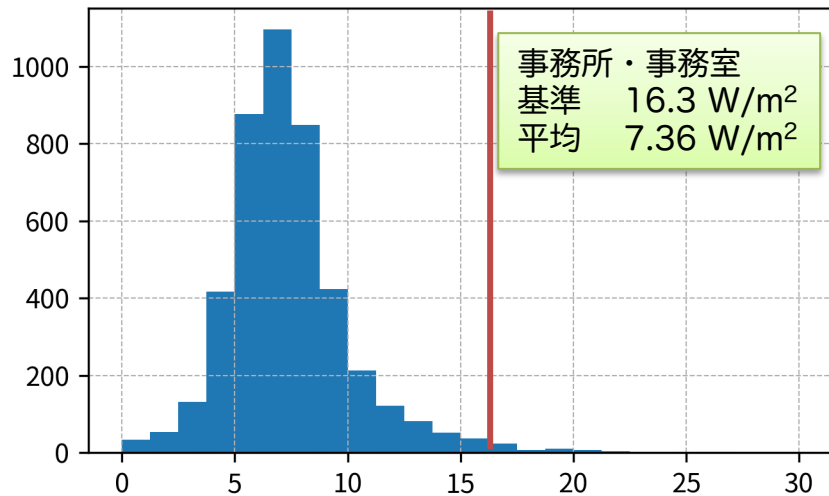
標準入力法（詳細法）

BEI分布（全建物用途, 標準入力法）：6地域

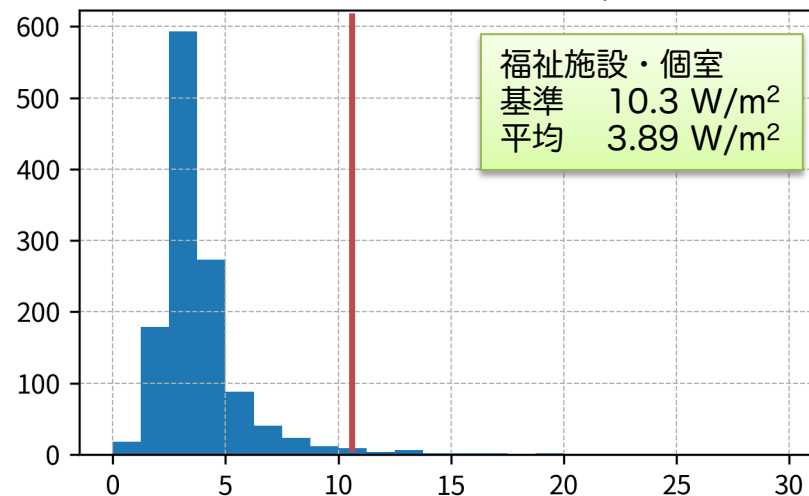


照明負荷の実態（モデル建物法、6地域）

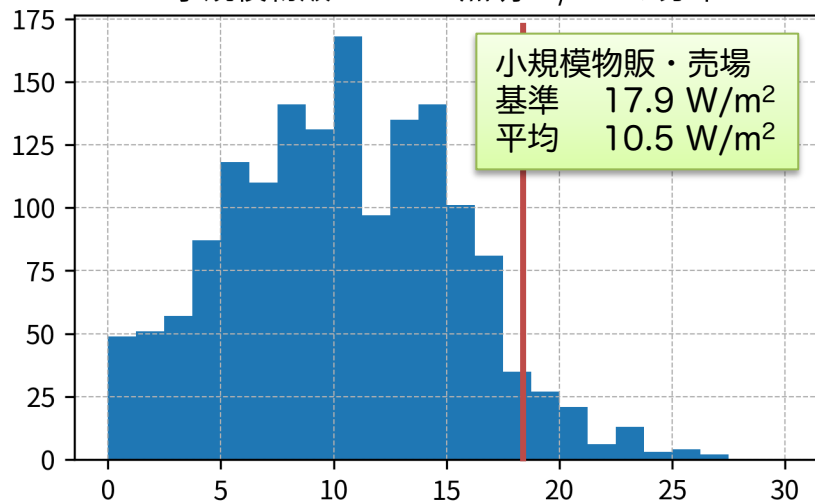
事務所 OfficeRoom 照明 W/m² の分布



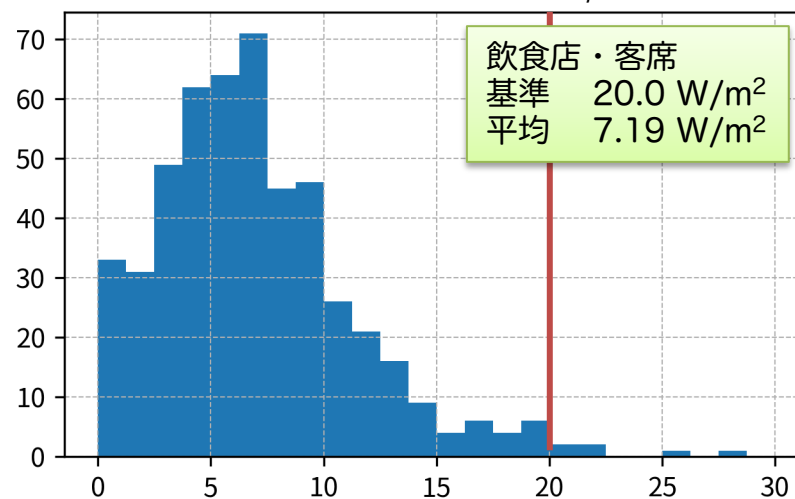
福祉施設 PrivateRoom 照明 W/m² の分布



小規模物販 Store 照明 W/m² の分布



飲食店 AudienceSeats 照明 W/m² の分布

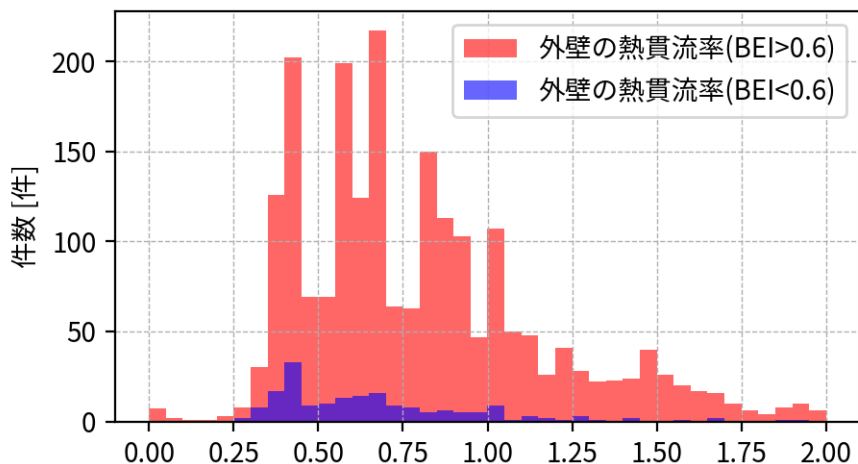


照明制御の採用率（モデル建物法）

モデル建物	室用途	標本数	消費電力 W/m ²		制御の採用率			
			平均値	中央値	在室検知	明るさ検知	タイムスケジュール	初期照度補正
事務所モデル	事務室	4435	7.39	7.05	1.0%	3.5%	0.5%	1.6%
ビジネスホテル	客室	766	3.96	3.10	0.1%	1.0%	0.0%	0.1%
	ロビー	707	7.25	6.34	0.3%	1.3%	1.8%	0.1%
	レストラン	343	8.83	7.65	0.0%	1.5%	1.7%	0.3%
総合病院	病院	194	5.75	5.60	0.5%	0.5%	0.0%	0.0%
	診察室	210	7.82	7.39	0.0%	0.5%	0.0%	0.0%
	待合室	193	7.22	6.01	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%
大学	教室	91	6.98	6.42	3.3%	8.8%	6.6%	1.1%
	事務室・研究室	104	6.97	6.50	1.9%	4.8%	2.9%	2.9%
	ロビー	96	5.96	5.56	7.3%	3.1%	8.3%	1.0%
講堂	アリーナ	128	6.63	5.88	0.8%	3.1%	0.8%	8.6%
	ロビー	72	4.61	4.29	9.7%	4.2%	0.0%	1.4%
大規模物販	売場	562	10.64	10.31	0.4%	1.8%	4.4%	7.8%
小規模物販	売場	1585	10.50	10.26	0.3%	4.8%	2.3%	1.5%
飲食店	客席	501	7.19	6.38	0.0%	2.0%	0.8%	0.6%

外皮性能（6地域、事務所）

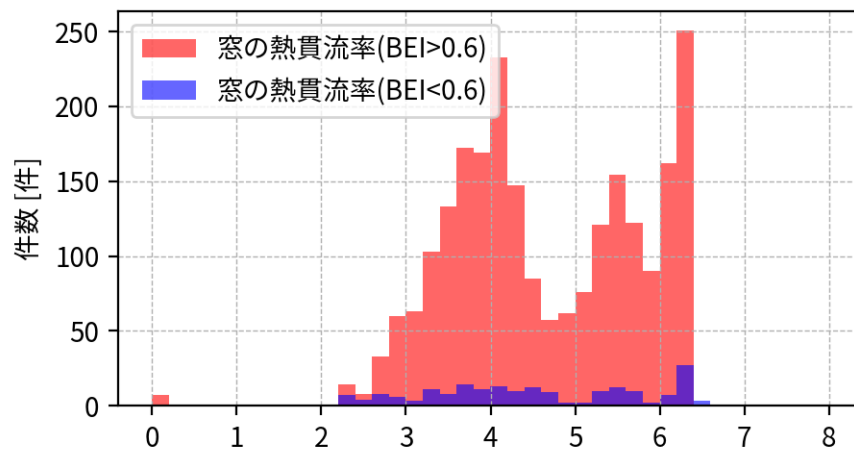
外壁の熱貫流率の分布（6地域、事務所）



外壁の熱貫流率
 U = 1.00 (ポリスチレン25mm)
 U = 0.60 (ポリスチレン50mm)
 U = 0.40 (ポリスチレン75mm)

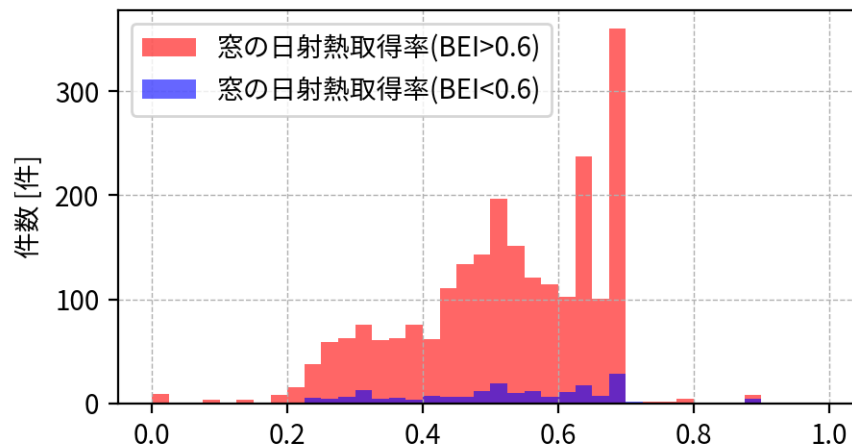
- 平成22年度調査では、壁の熱貫流率は 1.00 程度であったが、断熱化が進んでいる。
- 窓については、相変わらず単板ガラスも多いが、複層ガラスの普及も進んでいる。
- BEIが小さい建築物の外皮が高性能である とはいいきれない・・・。

窓の熱貫流率の分布（6地域、事務所）



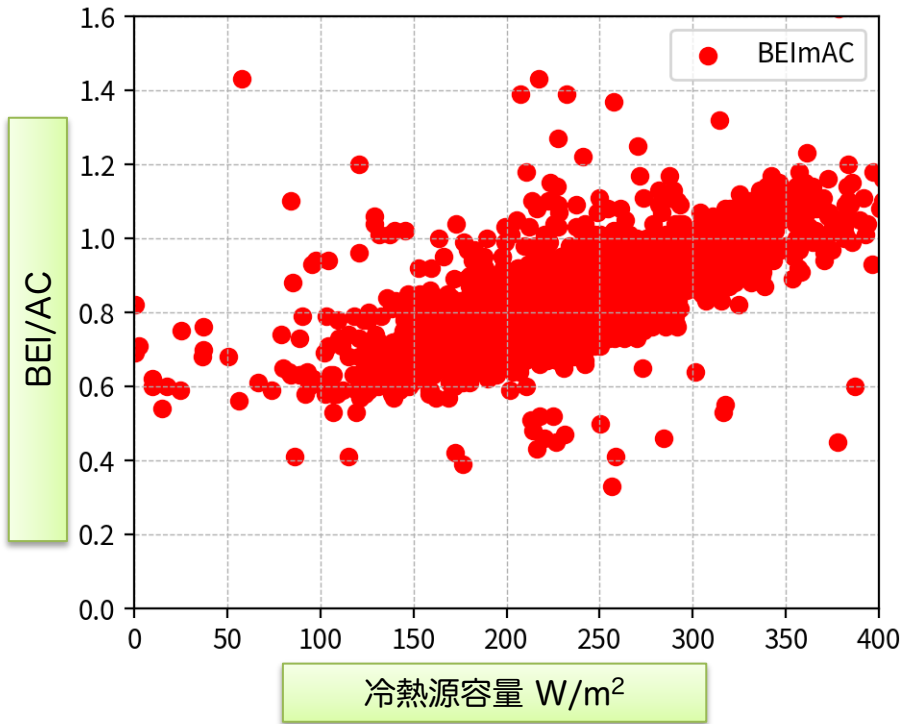
窓の熱貫流率
 U = 6.3 (単板)、U = 4.2 (複層)、U = 3.3 (Low ε 複層)

窓の日射熱取得率の分布（6地域、事務所）



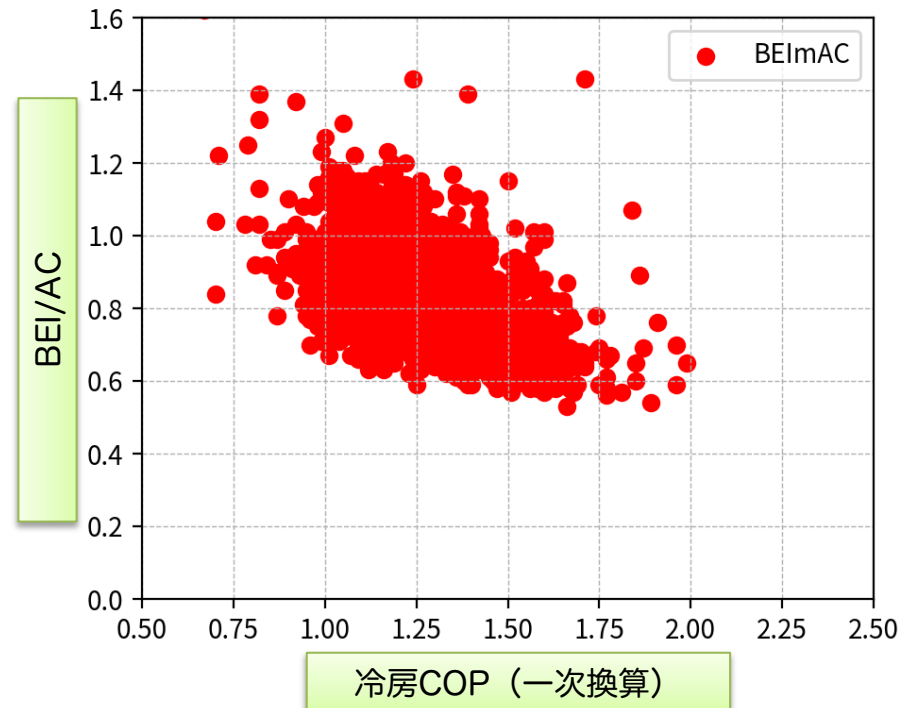
窓の日射熱取得率
 U = 0.7 (単板)、U = 0.5 (複層)、U = 0.3 (Low ε 複層)

空調熱源機器（6地域、事務所）



- BEI/ACが小さい建築物は、空調機のCOPが高い。
 - BEI/AC < 0.6 となるためには、COP > 1.3 が必要

- BEI/ACが小さい建築物は、冷熱源容量 (W/m²) が小さい。
 - 負荷を小さく抑えて、最小限の空調機を付けている。



省エネ設計のポイント

- 空調負荷は小さくなる傾向
 - 照明発熱量の減少
 - 外皮性能の向上
- 機器の効率化だけではなく、適切な容量の機器を選定することが重要。
 - 従来通りの想定をすると過大容量になる可能性大。
 - 設計段階における適切な見積もり。
 - 機器の部分負荷特性を踏まえた機種選定、容量選定。
- 機器単体ではなくシステムとして連動させることが重要。
 - 最小限でシンプルな設備を高度に動かす。

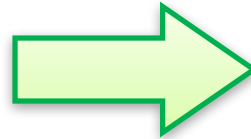
(3) これからの省エネ設計



設備設計のターニングポイント

省エネ法における
省エネ基準

努力目標

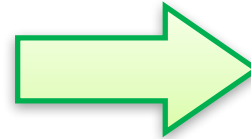


建築物省エネ法に
おける
省エネ基準

適合義務 = 規制

PAL / CEC

設備単位の評価
効率による評価

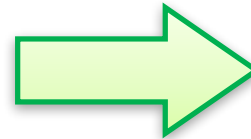


PAL* /
一次エネルギー消費量

建物全体での評価
量による評価

ピーク設計

最大負荷を
強く意識した設計

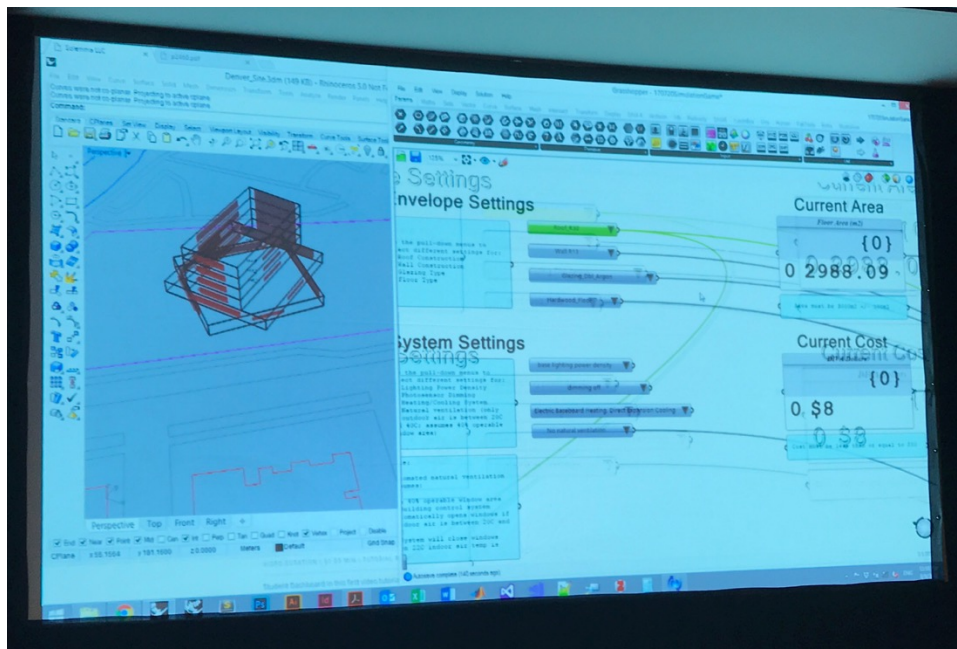


年間性能設計

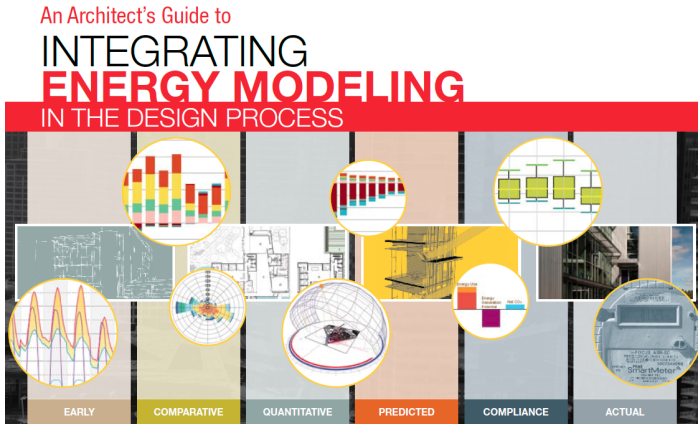
部分負荷状態も
意識した設計

脱カタログ設計

- 設計初期段階からエンジニアリングを！
 - 建築計画の最適化
 - 最小限でシンプルな設備を高度に動かす。
 - 熱、音、光、空気の連成 = 建築環境工学の総力戦



シミュレーションへの期待



THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS

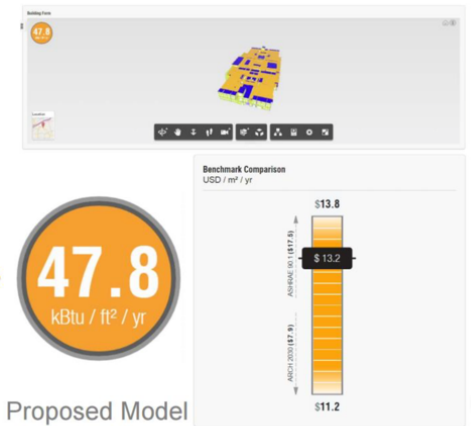
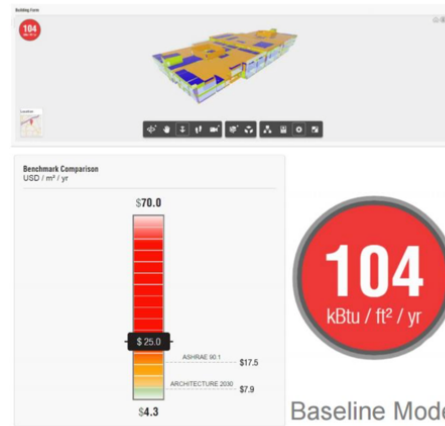
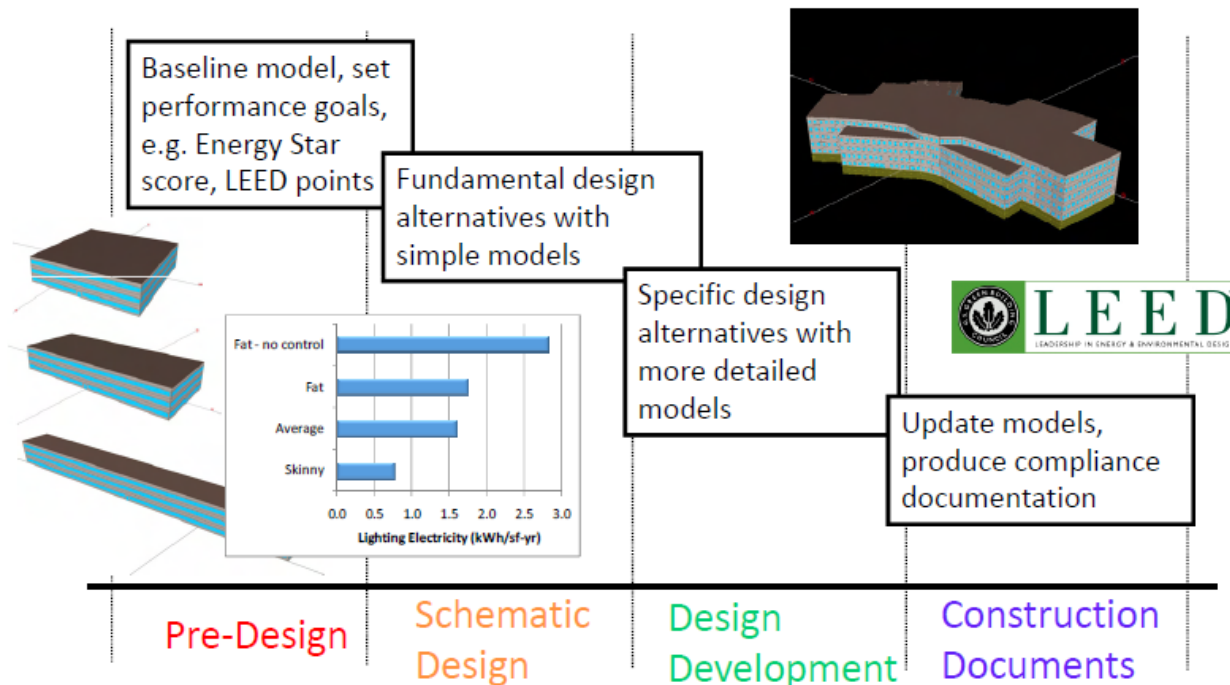


Image courtesy of Eddy Santosa; CallisonRTKL



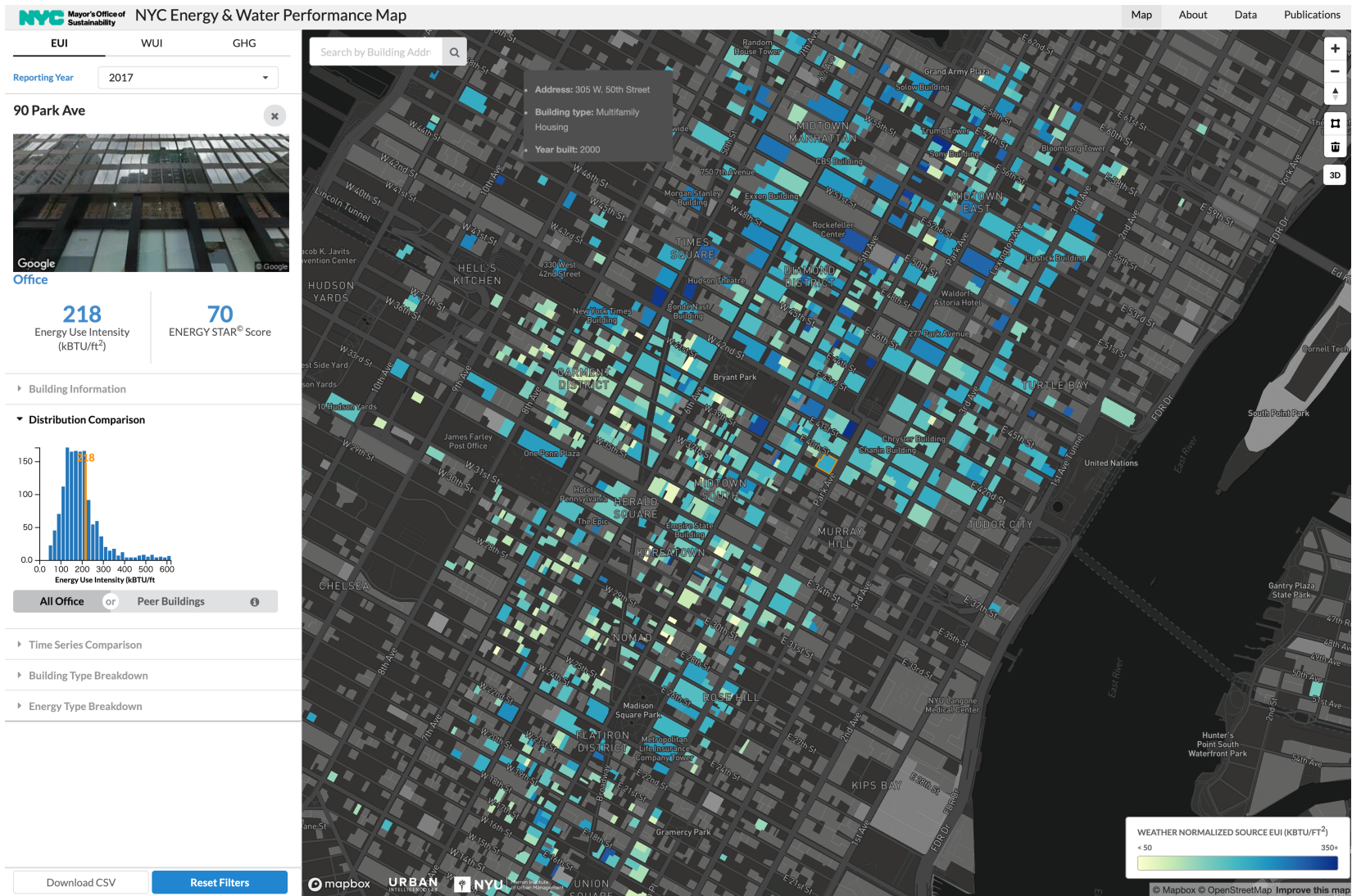
シミュレーションを複数組み合わせる時代を解析する時代に。



要求の明確化とその検証

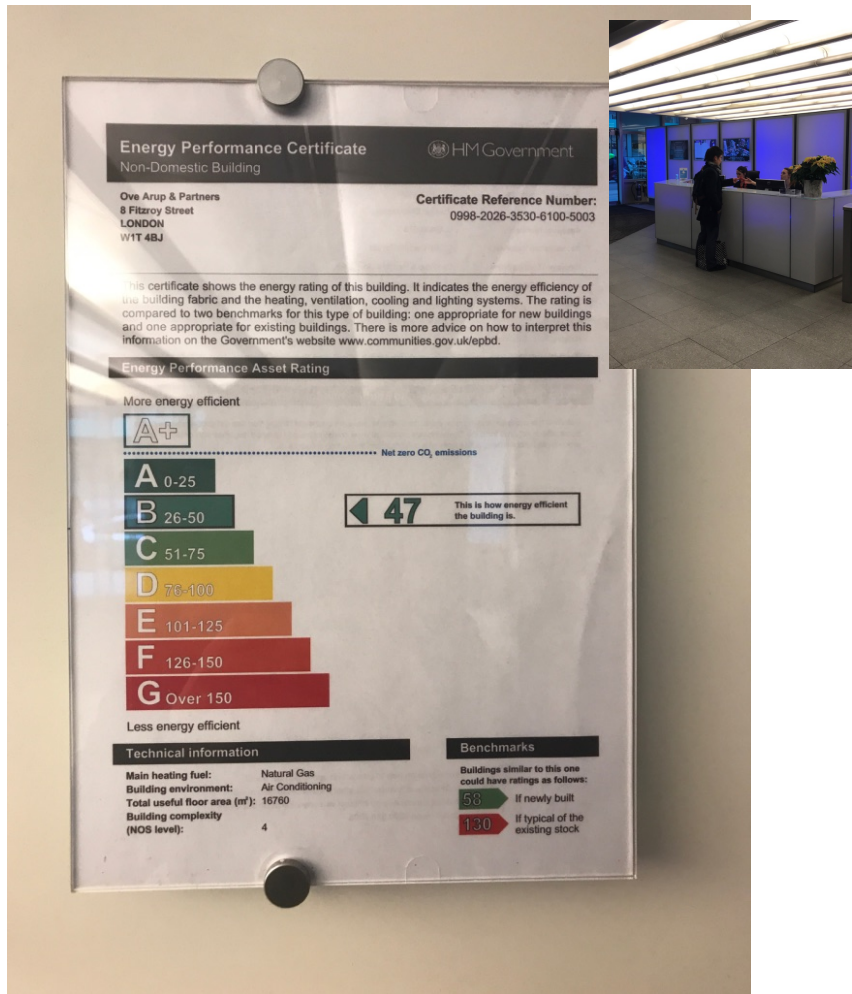
- 建物に求められる要求の多様化
 - **オーナーの要求 (OPR)** をプロジェクト初期に明確にする (文章化する) ことが重要。
 - OPRが達成されていることを、**設計・施工・運用初期段階において検証**することが重要。
 - Commissioning プロセス (LEED評価項目の1つ)
- 検証は急にできるものではない。
 - 設計初期段階から**入念な準備 (計画)** が必要。
 - 試験方法の検討、計測点、分析方法、判断基準等
 - **運用管理者に設計意図を伝える良い機会**にもなる。
- 「設計性能」だけでなく「実性能」で勝負の時代に。

ニューヨーク市の実績公開

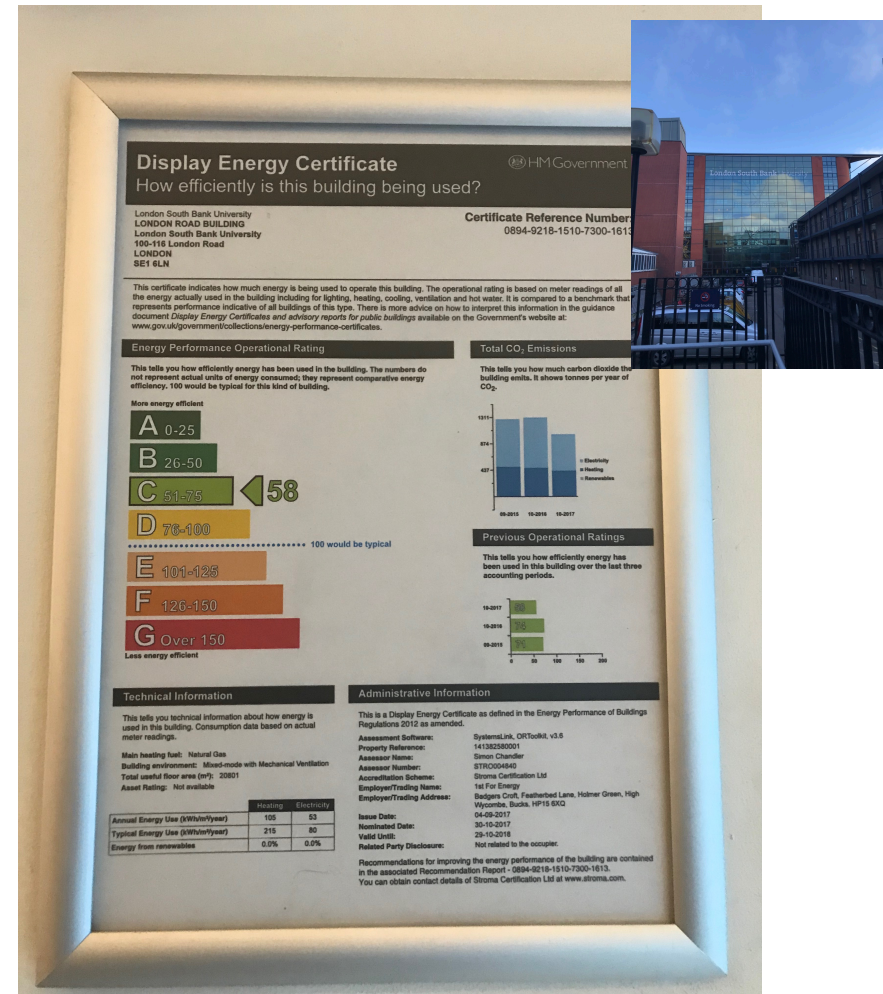


<https://on.nyc.gov/benchmarkingmap>

Energy Performance Certificate



英国 ARUP



London South Bank Univ.
実績値の評価
3年間分の評価結果が掲載されている。

教育の必要性

- 人が育たなければ良い建築はできない。
 - シミュレーションを適切に扱えるエンジニア
 - 測定・データ処理・分析が適切にできるエンジニア
 - 性能試験マニュアル（国総研資料 No.1031, 2019年9月）



ハンブルク建築士協会（年間150のテーマ）

- 他州では40時間以上の教育を義務化しているが、ハンブルクでは義務化はしていない。
 - 逆に受講者のモチベーションが高い。



https://www.akhh.de/fileadmin/Kunden_Upload/Fortbildung/Fortbildungsprogramm_2-2019.pdf

おわりに

- **建築物の省エネルギー化は喫緊の課題**（社会的な義務）
 - 「努力目標」の世界から「規制」の世界へ
 - 世界は「実績値」勝負に移行しつつある。
 - ファクトに基づく冷静な対応を。
- **建築環境エンジニアリングの重要性**
 - クリエイティブな仕事を
 - 高機能なツールをどう組み合わせるか。
 - プレゼンス向上、やりがいのある職業に
 - 建築環境分野がやるべき仕事はまだまだ沢山ある。
- **より“良い”空間の追求を**
 - その空間が、結果として”省エネ”であればなお良い。