

「震災後のエネルギーマネジメント とこれからのTSC21」

～ 未曾有の災害に遭遇したいま
我々は何をしなければならないか ～

2012.06.11

中部大学 猪岡達夫

出典

- 1) 空衛学会・中部支部・最適化研究会 シンポジウム
「オフィスビル設備計画の最適化」 2011.03.25
“省エネルギーを実現する設計手法について”
～ 未曾有の災害に遭遇したいま 我々は何をしなければならないか ～
- 2) 空衛学会
省エネルギー委員会・コミッショニング委員会・BEMS委員会
合同シンポジウム(東京) 2012.03.06
“3.11の大震災を受けて 節電と省エネルギーを問う”
- 3) 授業:「建築と社会」
猪岡研究室の研究テーマ
“如何にすれば真の省エネルギーを実現できるか”

未曾有の大災害

1995.01.17 05:46

阪神大震災(Mj7.3)から16年

2011.03.11 14:46

東北関東大震災

想定外・未曾有の規模

Yagawahama, 2007 Mw9の地震

14mを超える大津波

あってはならない原発事故と2次災害

災害のトリレンマ



地震学 モーメント・マグニチュード(Mw)
気象庁 変位によるマグニチュード(Mj) を使うらしい

マグニチュード

地震が発するエネルギーの大きさをE(単位:J)、
マグニチュードをMとすると

$$\log_{10} E = 4.8 + 1.5 M$$

Mが1違うと Eは約31.6倍

Mが2違うと Eは1000倍

100 Wの電灯を1時間点灯(360 kJ) M=0.5

広島に投下された原子爆弾 M=3.5

明治三陸地震(1896年) Mw=8.5

チリ沖地震(1960年) Mw=9.5

東日本大震災(Mw=9)は揺れが20秒続いた。これは100kWの原発1千万基に相当

破壊力(速度圧) $E = \frac{1}{2} mV^2$ [N/m²]

台風 空気 $m = 1.2 \text{ kg/m}^3$
 風速 $V = 20 \text{ m/s}$
 $E = 0.5 \times 1.2 \times 20^2 = 240$

竜巻 空気 $m = 1.2 \text{ kg/m}^3$
 風速 $V = 100 \text{ m/s}$ …… F4スケール
 $E = 0.5 \times 1.2 \times 100^2 = 6,000$

津波 水 $m = 1000 \text{ kg/m}^3$
 流速 $V = 3 \sim 5 \sim \text{m/s}$ (陸上)
 $E = 0.5 \times 1000 \times 3^2 = 4,500$
 $E = 0.5 \times 1000 \times 5^2 = 12,500$
 $E = 0.5 \times 1000 \times 10^2 = 50,000$

はじめに

我々は何をしなければならないか

復旧・復興…

安全・安心…信頼の回復

ひるがえって、我々の建築・設備の分野では…

都市・建物のありようの根本が問われる

防災・耐震 ……阪神大震災の経験が活かされたか
 災害時でも確保すべき機能

安全性の担保 ……フェールセーフ

例)いざという窓が開く(空調不要)

リスクの分散 ……過度な集中の脆弱性

昨年の対策から

① 節電と省エネ
 ピーク電力“kW”の抑制と
 省エネ“kWh”の混同

② 室温の緩和 (26→28°C)
 オフィスの28°Cは我慢の限界を超えている
 除湿の問題 (住宅の28°Cは我慢できる?)
 オフィスと住宅との違い
 (オフィスは照明やPCからの放射が多い)
 クールビズはクールか ?
 一方で、健康にも配慮

昨年の対策から(2)

② 照明の照度
 昨年 750 Lx → 500 Lx、300 Lx に落とした
 慣れると問題ない
 JIS基準は過剰か?
 新JIS Z 2010:2010 事務室で 750 Lx
 旧JIS Z 9110:1979 事務室で 750~300 Lx
 本来 200 Lx あれば問題ない
 夜間の読書で最も疲れにくいのは 160 Lx
 住宅での照度は低い …… 明る過ぎると疲れる
 暗いと目を悪くする …… は誤解 (なお、疲れるようだ)

昨年の対策から(3)

③ 無駄の排除

・何処にどれだけ使っているか。

…… (意外と知らない)

・その上で無駄の排除

待機電力(家電は相当に減った)

ビルでは、まだ、意外なところで無駄がある

これからの節電と省エネ

これまでとは違うエネルギー事情を前提に考える。

低炭素化よりも、
より根本的な問題である“省エネルギー”を基本とする。

少ないエネルギーでも機能を維持出来る。

少ないエネルギーをより効果的に使う。

多少の不便は容認する。

これからの節電と省エネ(2)

これからは、一層の省エネルギーをはかる。

○ 先端的な研究・新設建物での実現

◎ 既存建物で出来ること

◎ 中小建物でも出来ること(安価・簡単)

◎ 直ぐに出来ること・誰でも出来ること

常時 と 非常時

運用→施工→設計→設計条件→OPR……各断面で

設備的手法の前に、建築的手法を考える。

何を指すべきか

・先端的な建物 ……チャレンジする

・大規模建物 ……管理体制がしっかりしている

これらのノウハウを広く普及させることが肝要

・中小規模で可能な省エネがより重要

2000m²以下の建物がストック面積で半分を占める

……出来ることが限られる

・住宅 …… 住み手の意識、ライフスタイル
健康・安全との絡み

何を指すべきか(2)

- ・短期的対策 ... 緊急的対策のハズが
根本的解決がないと、何年も続く
- ・中期的対策 ... 本来の省エネはどうあるべきか考える
 - ・設計基準の見直し
 - ・例えば、空調： 温湿度、内部発熱
 - 照明： 照度基準、昼光利用
 - 換気： 換気基準、換気量
 - ・OPRの役割
 - ・最適設計・最適運用
 - ・例えば 高効率機器
 - 蓄熱の再認識
 - コージェネとの相互補完

何を指すべきか(3)

- ・蓄熱の再認識
 - 今、問題なのは、エネルギーではなくて、
 - ピークの電力需要と供給(発電)能力の問題
- 考えられている対策
 - ピーク時間帯の省電力
 - 曜日シフト
 - 料金体系
- 夜間の電力は余っている。
 - 今こそ、蓄熱システムの再認識 (TSCが得意とする分野)
 - 他に... 電気自動車、水素製造(自動車、燃料電池...)

何を指すべきか(4)

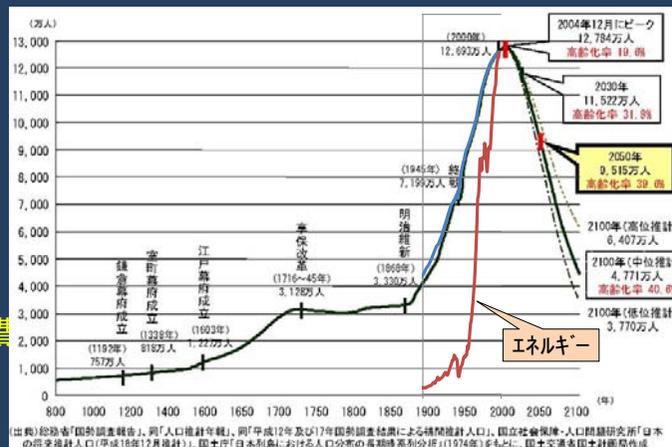
人口減少とエネルギー需給

1970年代に1億人を突破し、2004年にピーク 12,784万人に達し、以後、減少に転じた。

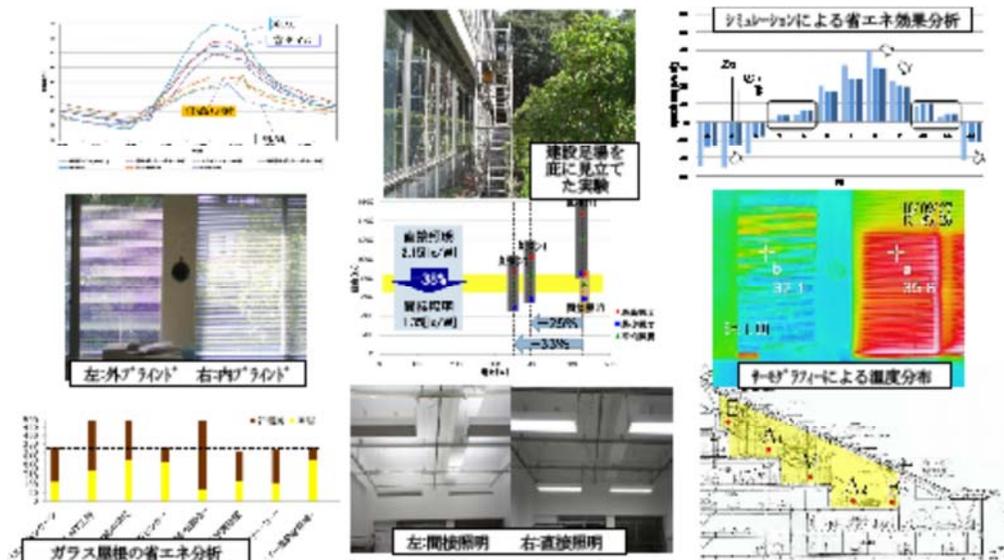
このまま推移すると
2030年 11,522万人
2050年 9,515万人
2100年 4,771万人

<国家百年の計>

長期的には
日本のエネルギー消費
は減少に転じる
... 全く議論されない



“如何にすれば真の省エネルギーを実現できるか”



“如何にすれば真の省エネルギーを実現できるか”

- 1) 建物外皮の省エネ (窓・屋根)
 - 1-1) 窓: 水まき外ブラインドの効果
 - 1-2) 屋根: 園芸用遮光ネットの日射遮蔽性能
- 2) 屋根がガラスの建物 (果たして省エネか?)
- 3) 照明 (視環境と省エネの両立)
 - 2-1) 学内外の各室の照度分布とアンケート調査
 - 2-2) 直接照明と間接照明の比較研究
- 4) (新)省エネルギー法のための簡易熱負荷算定法

何故、このようなテーマを選ぶのか

1) 建物のエネルギーの要因

- 窓 30% → 日射遮蔽
- 内部発熱 30% → 照明の省エネ
- 換気の負荷 30% → 外気冷房など

この3つを抑えることが重要

2) 無駄のない効率良い設備システムの構築

運用段階では遅い → 設計・設計条件の見直し

研究よりも実際に役立ちたい

テーマ1: 窓の日射遮蔽の研究

内ブラインド

外ブラインド

new

水まき外ブラインド

2010年度 左・外ブラインド 右:内ブラインド



外部ブラインド (ディテール)



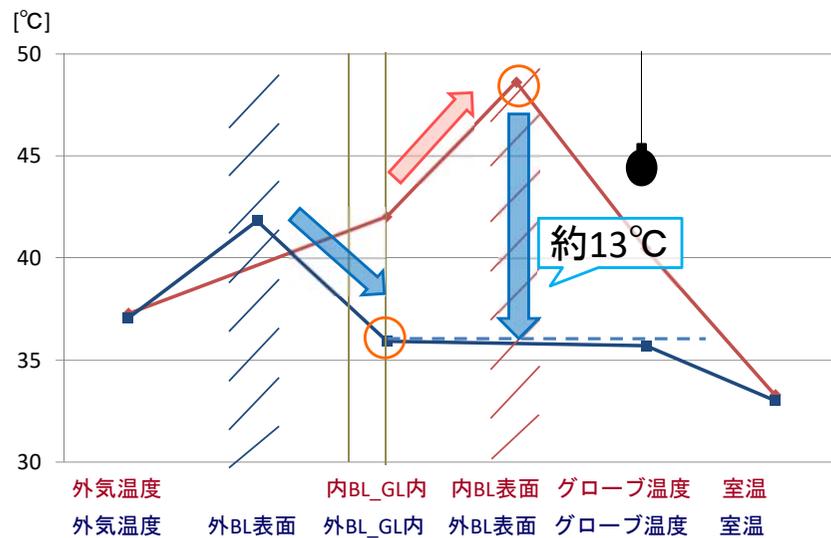
窓枠にアルミ製の
枠を取付け
ブラインドを設置



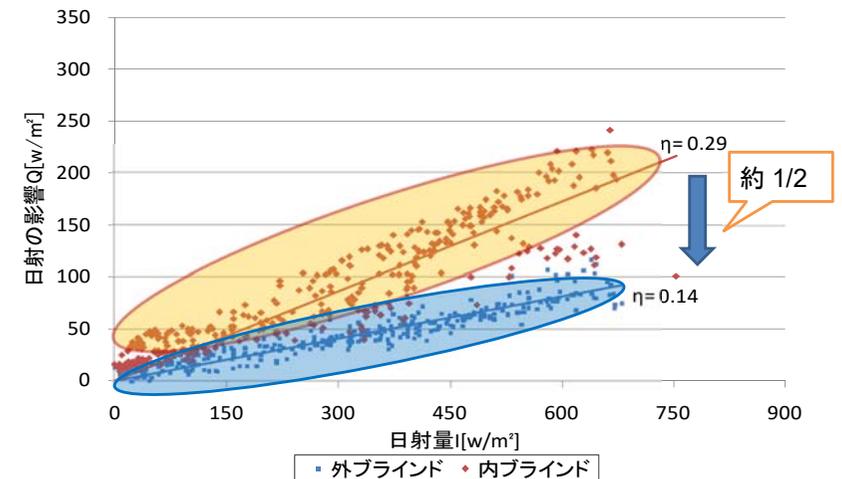
フレーム内に
ゴム製シールを取付け
音や傷の防止

強風や台風でも問題もなかった

温度のプロファイル比較 8/28 15時

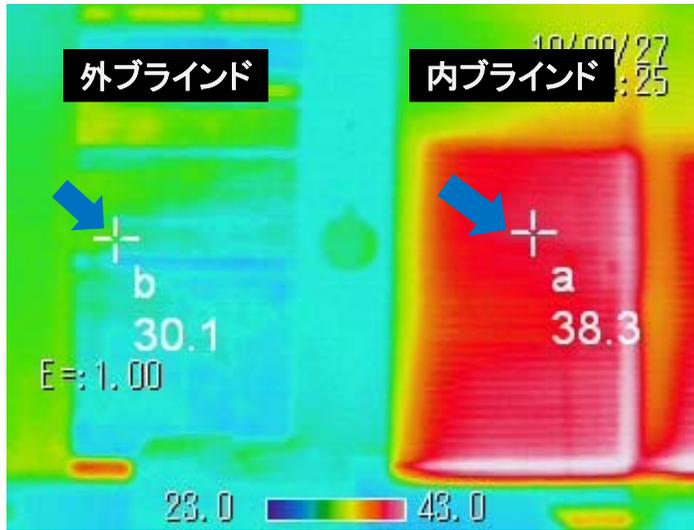


内外BLの日射熱取得率 η の比較



内外ブラインドの比較

サーモグラフィーによる温度分析



左は、外ブラインドの温度（ガラスの温度はもっと低い）

2011年度

水まき

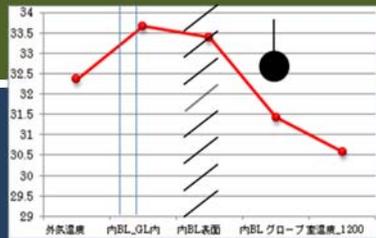
外ブラインド

外ブラインド

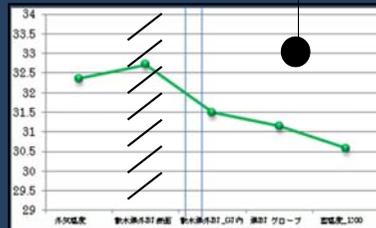
内ブラインド



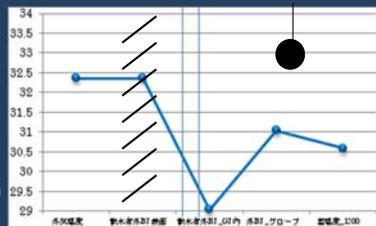
内ブラインド



外ブラインド
(ブラインドの熱を
風が除去)



水まき
外ブラインド
(蒸発による冷却効果)



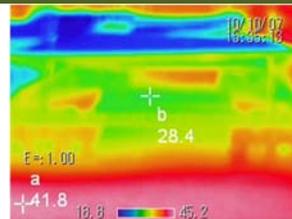
テーマ2: 屋根の日射遮蔽

普通のRC屋根
吸湿タイル
高反射塗料

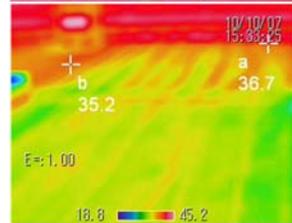
new 遮光ネット

屋根の日射遮蔽

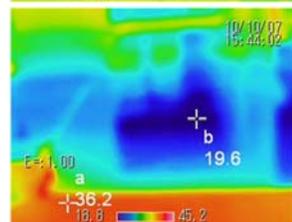
①日射遮蔽板
スタイロフォーム板



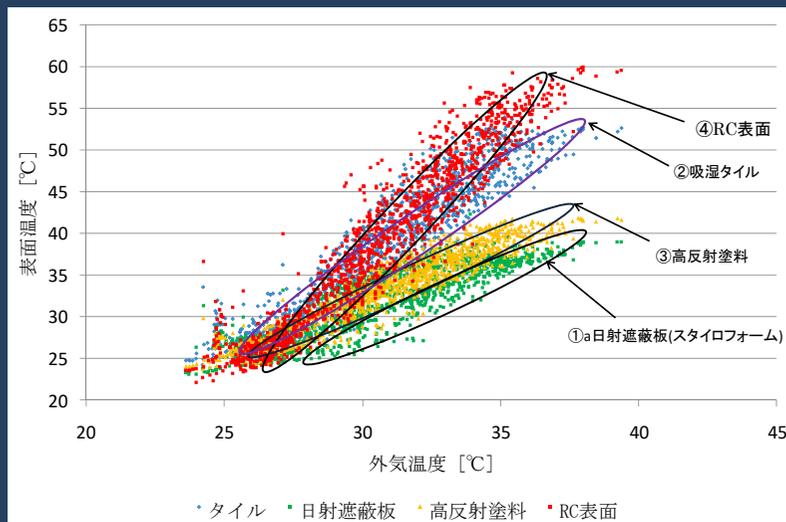
②吸水タイル
(自然状態での測定)



③高反射塗料



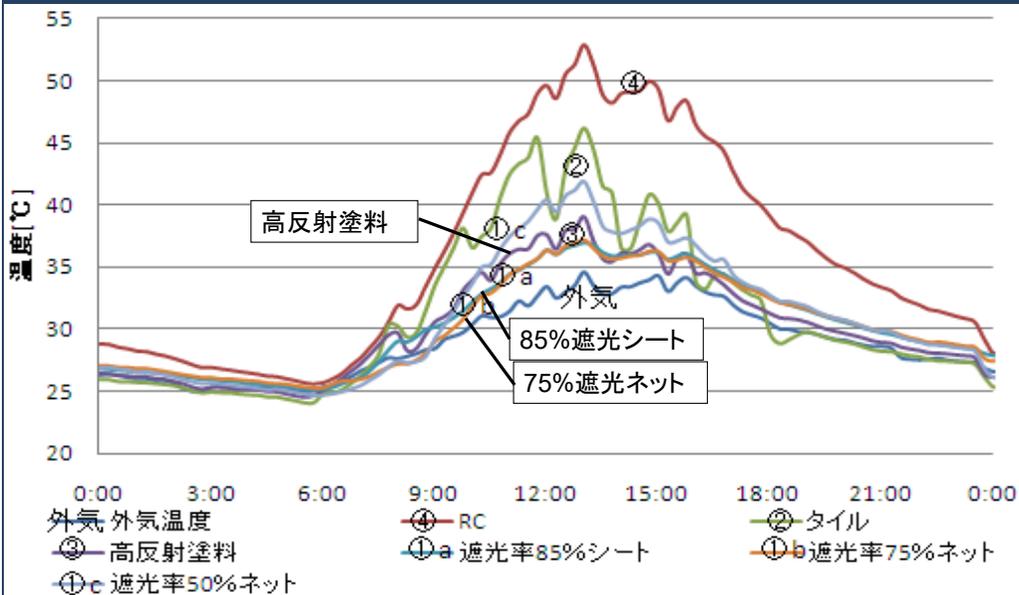
①日射遮蔽板 ≒ ②高反射塗料 ≒ ③散水する吸水タイル
>> 自然状態の吸水タイル > RC



<new>
50%遮光ネットを
二枚重ねて 75%遮光



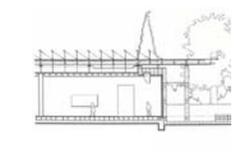
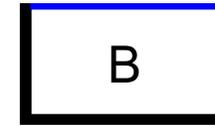
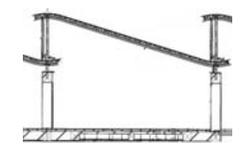
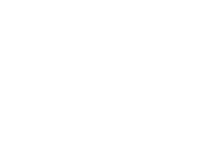
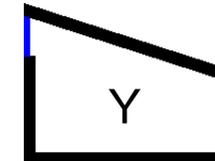
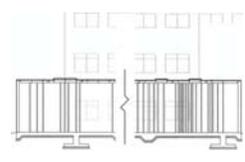
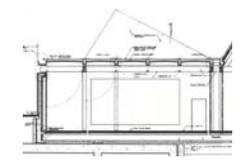
夏期代表日(8/30)の屋根表面温度



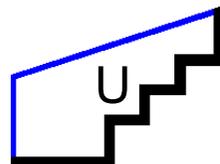
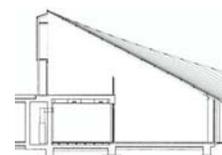
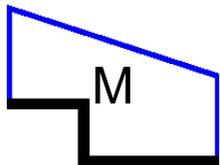
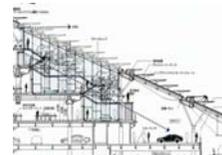
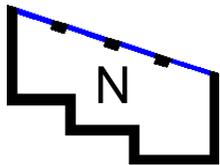
テーマ2 : 屋根がガラス (果たして省エネか?)

冷暖房負荷の増加 vs 照明の省エネ

分析の対象とした建物 (1)



分析対象とした建物 (2)



ガラス屋根: 何を以て省エネとするのか

(A) 屋根:
単なるガラス屋根 → 冷暖房負荷が増える。
ガラス屋根を工夫すると → 増え方が小さい

(B) 照明
垂直窓だと、消灯できる範囲が小さい
ガラス屋根なら、室全体で消灯できる

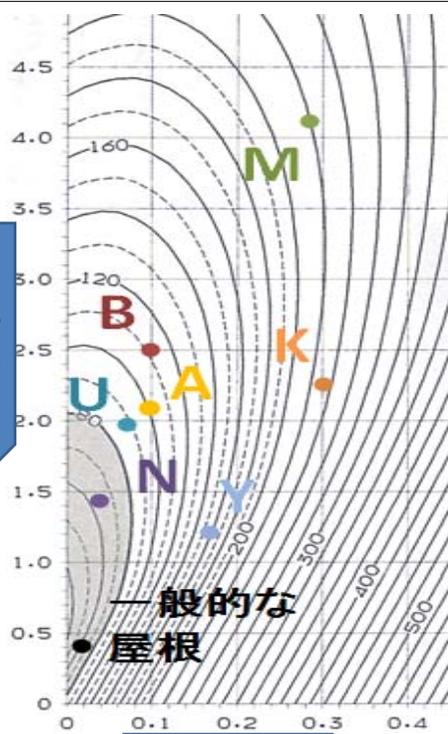
1次エネルギーで

冷房増加(a) < 消灯(b) ならば省エネ

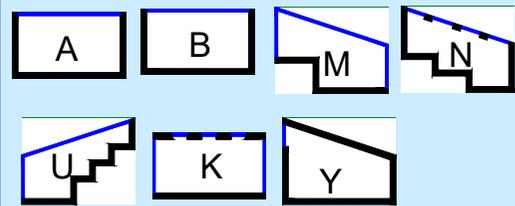
冷暖房負荷の算定

PALチャートを使って
年間冷暖房負荷を求める

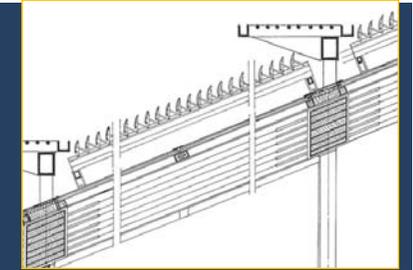
断熱性能



日射侵入率

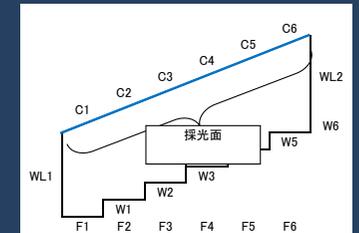
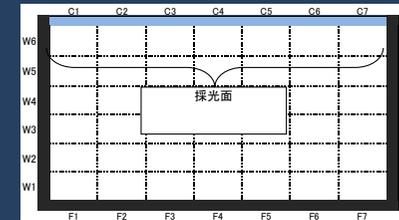


直射光はカット
天空光の
開口部昼光率を求める



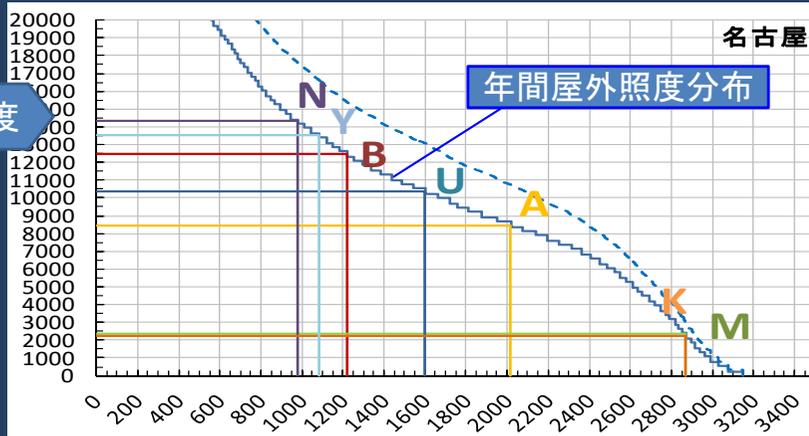
室全体の相互反射を解く

$$D_i = \sum \{ \Psi_{i,j} \times r_j \times D_j + \phi_{i,L} \times D_S \}$$



室内設計照度 ÷ 室内最小昼光率
= 必要屋外照度 → 年間消灯可能時間

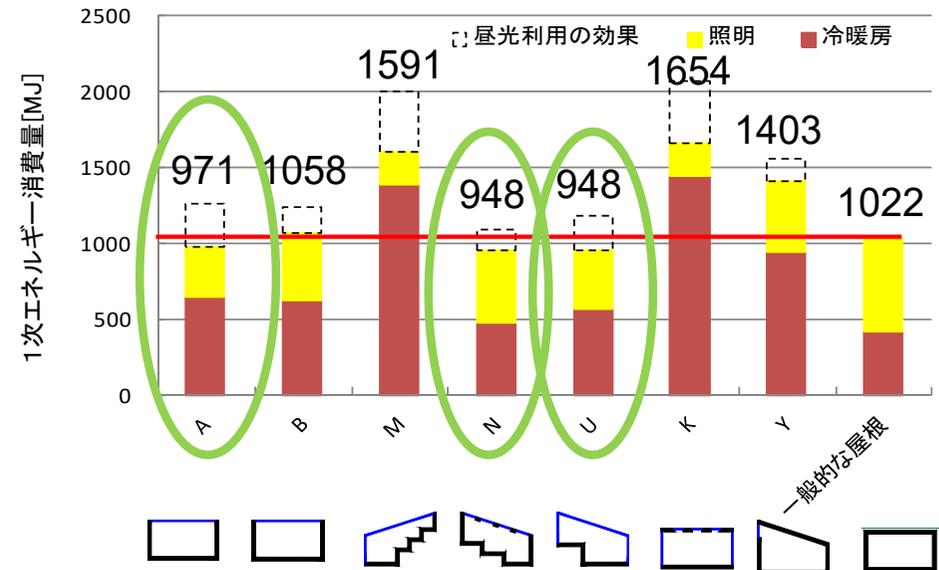
必要屋外照度



年間消灯可能時間

1次エネルギー消費量の比較

設計照度 (定めた照度が) 500lxのとき



省エネとなる建物は

屋根面の平均熱貫流率が 2.3 以下

屋根面の日射侵入率が 0.1 以下

断熱性を良くして、日射侵入率を抑える

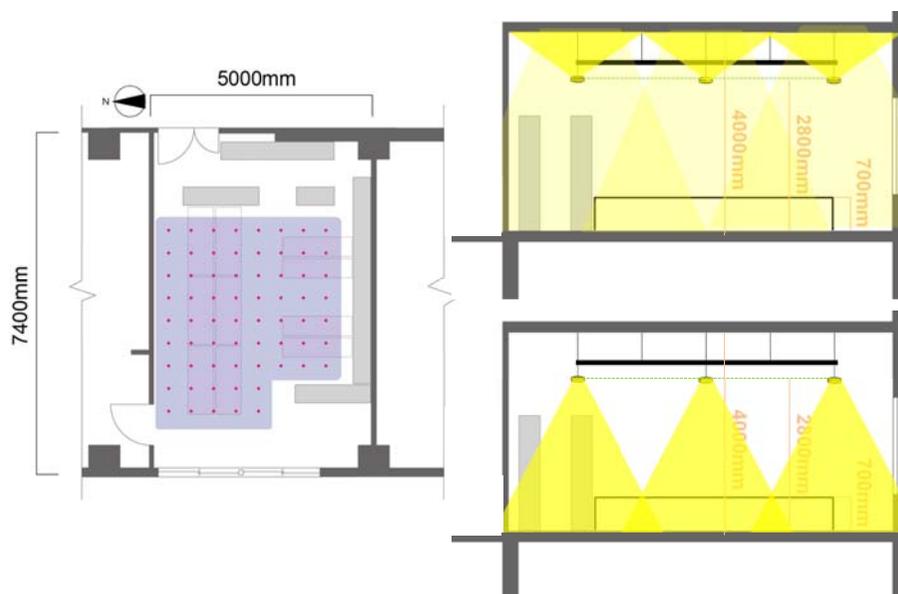
建物	屋根面の平均熱貫流率	屋根面の平均熱貫流率	屋根面の平均日射侵入	PAL値	床面 最小屋光率	設計照度が 500Lxの時の 必要屋外照度	年間屋光 利用時間 [h]
	[W/(m ² ・K)]	[kcal/(m ² ・K)]	[-]	[MJ/(m ² ・年)]			
A	2.42	2.08	0.10	426	0.06	8441	2018
B	2.90	2.49	0.10	410	0.04	12500	1219
M	4.77	4.10	0.29	920	0.21	2346	2870
N	1.66	1.43	0.04	314	0.03	14353	978
U	2.28	1.96	0.07	372	0.05	10379	1600
K	2.61	2.25	0.30	961	0.23	2214	2870
Y	1.40	1.20	0.17	627	0.04	13543	1082
一般的な屋根	0.48	0.41	0.02	272	-	-	0

テーマ3 : 間接照明

(良好な視環境と省エネの両立)

輝度の高いところがないのが“間接照明”

・間接照明と直接照度の比較



間接照明は照度分布が均質

<直接照明>

<間接照明>

直接750Lx

最高照度 878Lx

最低照度 491Lx

差 387

平均照度 742.9Lx

間接750Lx

最高照度 861Lx

最低照度 563Lx

差 298

平均照度 749.2Lx

直接500Lx

最高照度 604Lx

最低照度 328Lx

差 276

平均照度 500.7Lx

間接500Lx

最高照度 573Lx

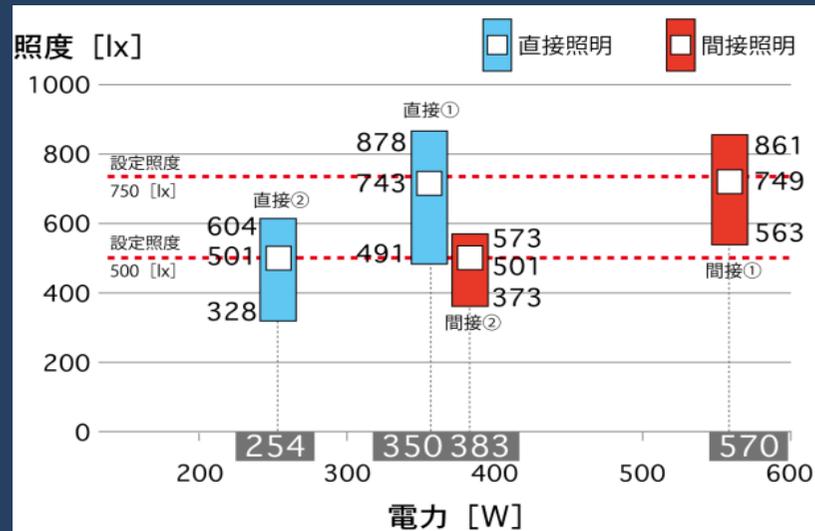
最低照度 373Lx

差 200

平均照度 500.7Lx

照度と電力の関係

同じ照度Lxが必要なら、間接照明は省エネになり得ない。



アンケート調査

3年ゼミで授業(90分の後)で、アンケート調査を行った。

明るい:
直接照明の方が有利である

作業性:
間接照明がやや良い

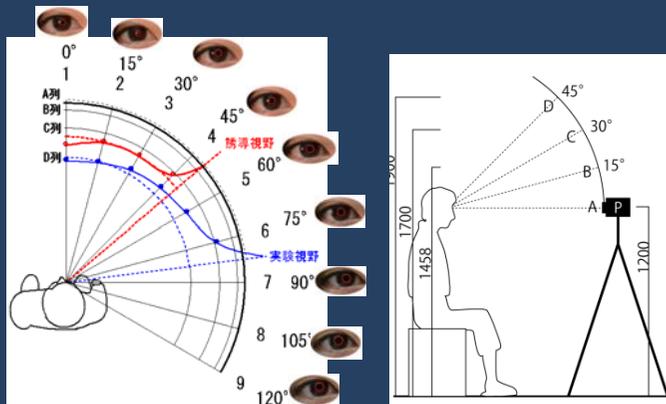
落ち着き・疲れにくい:
間接照明が良い



人の輝度に対する瞳の順応反応実験

結果: 誘導視野よりも広い範囲で輝度に反応
このため、高輝度があると、瞳を閉じようとする

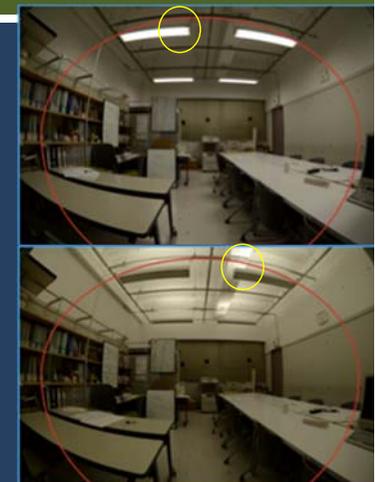
直接照明: 瞳を閉じるので照度が高くしないといけない。
間接照明: 瞳を閉じないので照度が低くてもそれほど暗くない



照度と輝度の関係

直接照明
机上面照度 750 Lx
平均輝度 45 cd/m²
最高輝度 1739 cd/m²

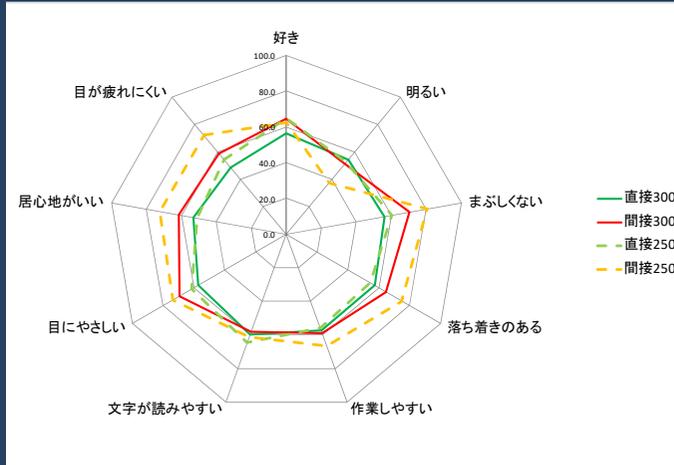
間接照明
机上面照度 500 Lx
平均輝度 44 cd/m²
最高輝度 383 cd/m²



机上面照度の低い間接照明が平均輝度が高い (明るい)
直接照明は 最高輝度が高く眩しい

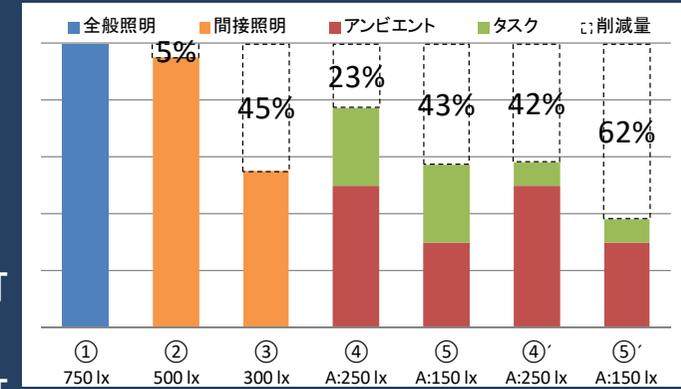
低照度における実験/アンケート結果

300Lx や 250Lx の低照度でも
作業性はそれほど落ちない。



省エネルギー比較

- ①直接照明 750 Lx
- ②間接照明 500 Lx
- ③間接照明 300 Lx
- ④間接アンビエント
250 Lx + タスク
- ⑤間接アンビエント
150 Lx + タスク
- ⑥間接 250 Lx
+ タスク不在者消灯
- ⑥間接 150 Lx
+ タスク不在者消灯



おわりに

1999年に“TSC推進協議会”が設立して13年が経った。
この間に幾つかの団体が消えていった。
TSCは何故13年も続いたのか？

当初の期待ほど、成果を上げてはいない？
ビジネスとしての成果 …… TSCの直接的目的ではない
成果といえるのは
TSC/naming_code と 支援Tool
TSC/com …… このままかどうかは別として
広域通信に必要な Tool

TSCに期待すること

TSCの役割

広域エネルギーマネージメント

スマートグリッド（ハード指向）
TSC（マネージメント支援のソフトから入る）
2つの面を同時に考えないと成功しない。

蓄熱システムの再認識（蓄積したノウハウを活かす時）

高度な予測制御
よりシンプルなピークカット蓄熱
蓄熱+something の組み合わせ