

# 「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/m<sup>2</sup>]

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ないのは 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。

## 何を目指すべきか

- ・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  
2000m<sup>2</sup>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)

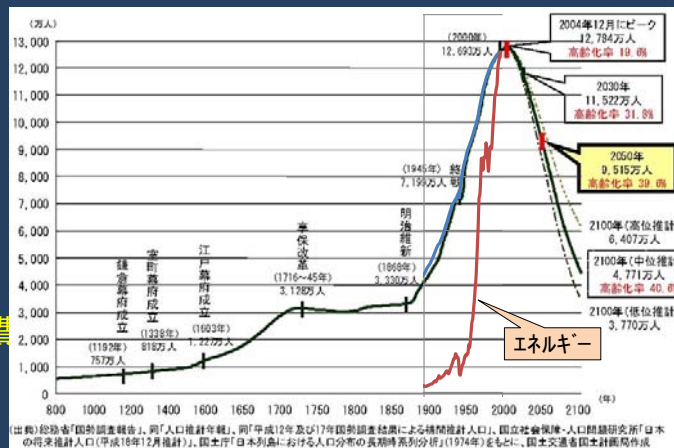
### 人口減少とエネルギー需給

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。

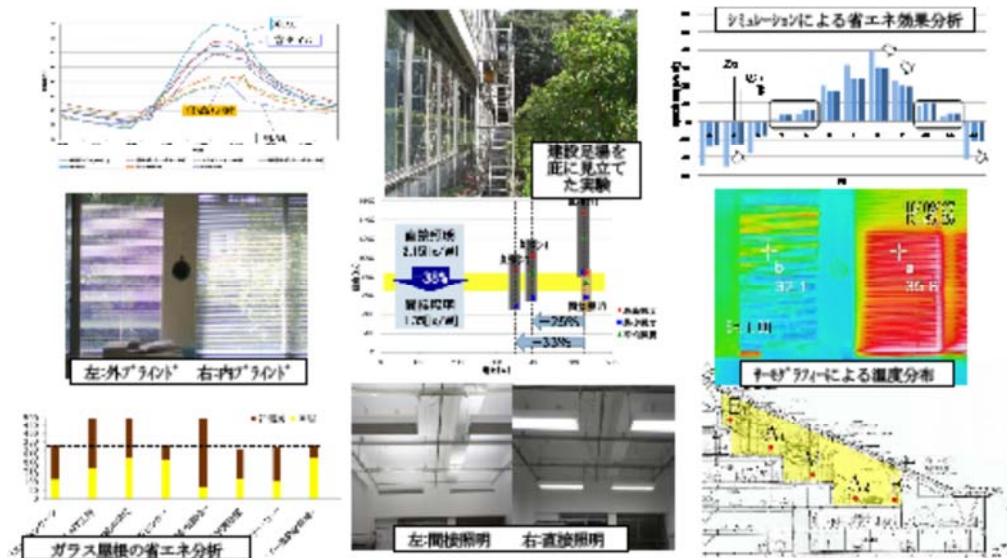
このまま推移すると  
2030年 11,522万人  
2050年 9,515万人  
2100年 4,771万人

### <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)



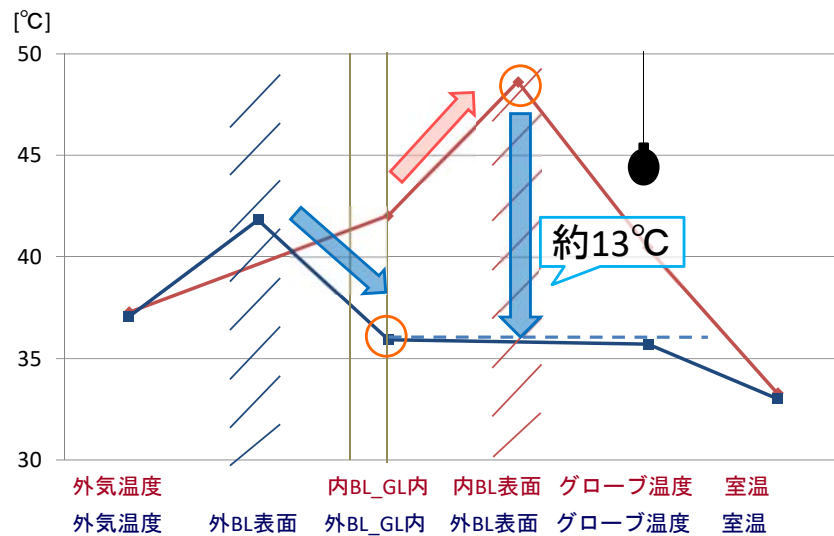
窓枠にアルミ製の  
枠を取付け  
ブラインドを設置



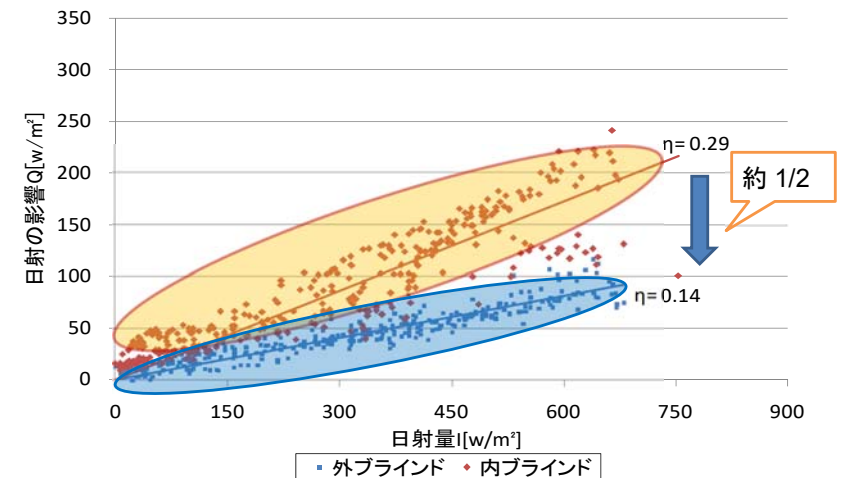
フレーム内に  
ゴム製シールを取付け  
音や傷の防止

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

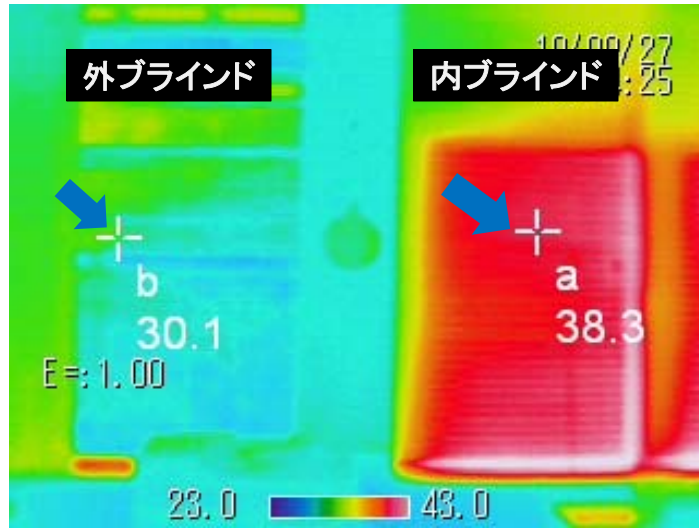


内外BLの日射熱取得率 $\eta$ の比較



# 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



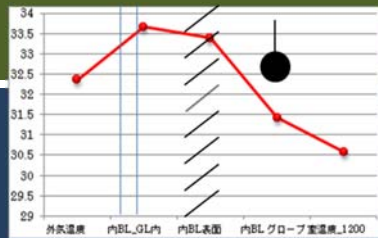
左は、外ブラインドの温度 (ガラスの温度はもっと低い)

2011年度

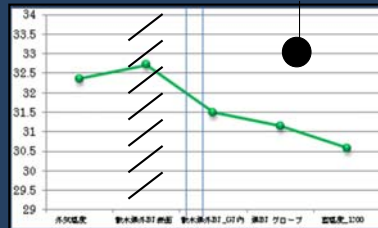
水まき  
外ブラインド 外ブラインド 内ブラインド



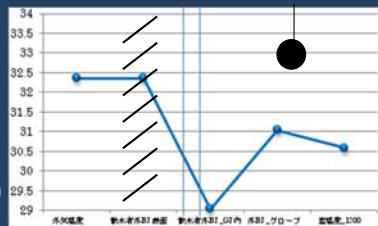
内ブラインド



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)



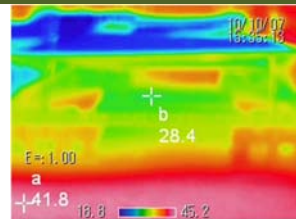
## テーマ2: 屋根の日射遮蔽

普通のRC屋根  
吸湿タイル  
高反射塗料

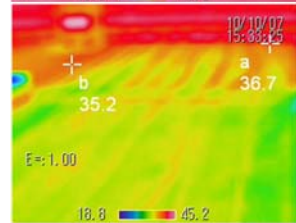
new 遮光ネット

# 屋根の日射遮蔽

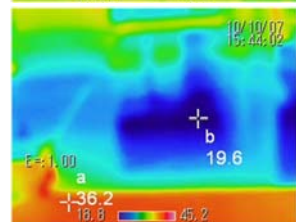
①日射遮蔽板  
スタイロフォーム板



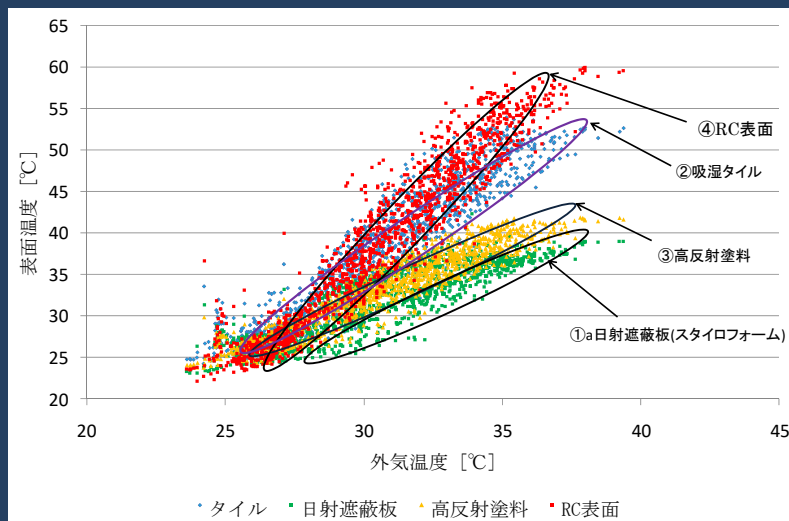
②吸水タイル  
(自然状態での測定)



③高反射塗料



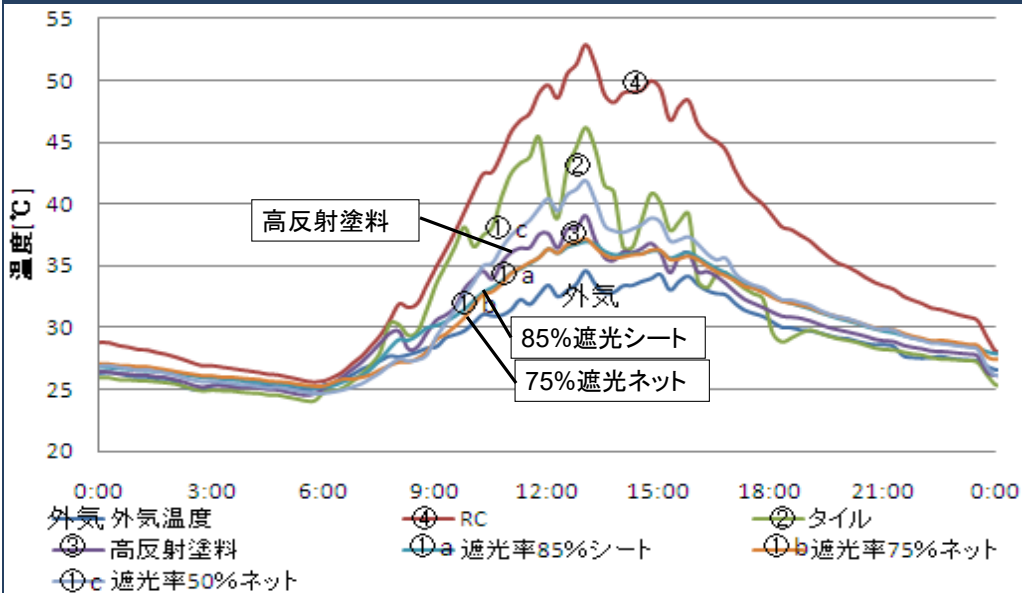
①日射遮蔽板 ≒ ②高反射塗料 ≒ ③散水する吸水タイル  
>> 自然状態の吸水タイル > RC



<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

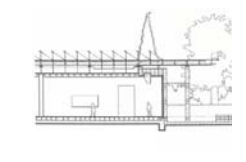
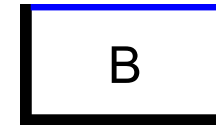
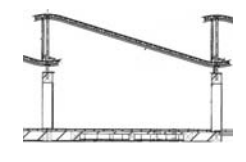
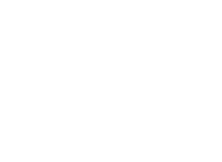
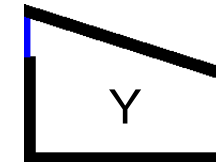
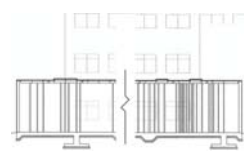
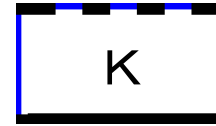
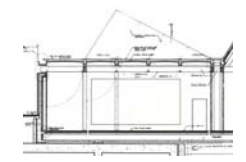
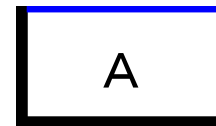




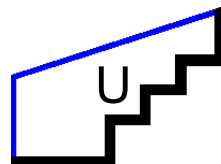
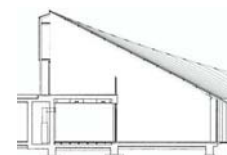
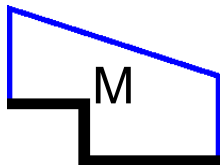
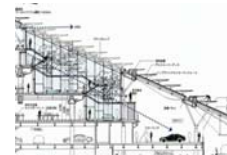
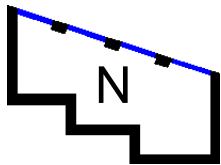
## テーマ2 : 屋根がガラス (果たして省エネか?)

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

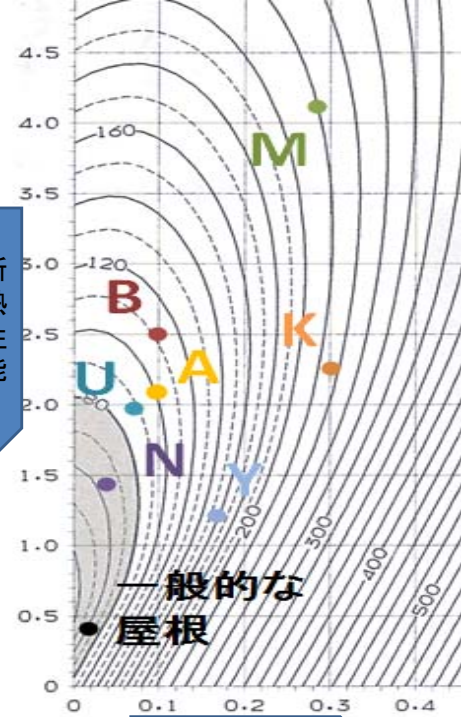
1次エネルギーで

冷房増加(a) < 消灯(b) ならば省エネ

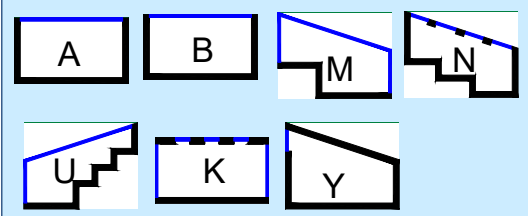
# 冷暖房負荷の算定

PALチャートを使って  
年間冷暖房負荷を求める

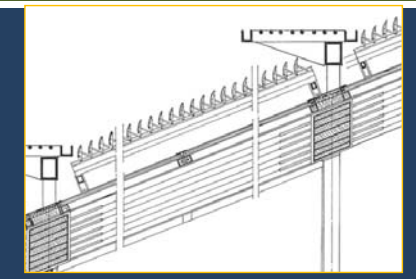
断熱性能



日射侵入率

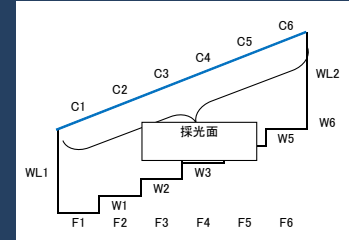
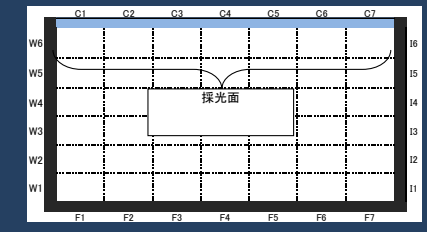


直射光はカット  
天空光の  
開口部昼光率を求める



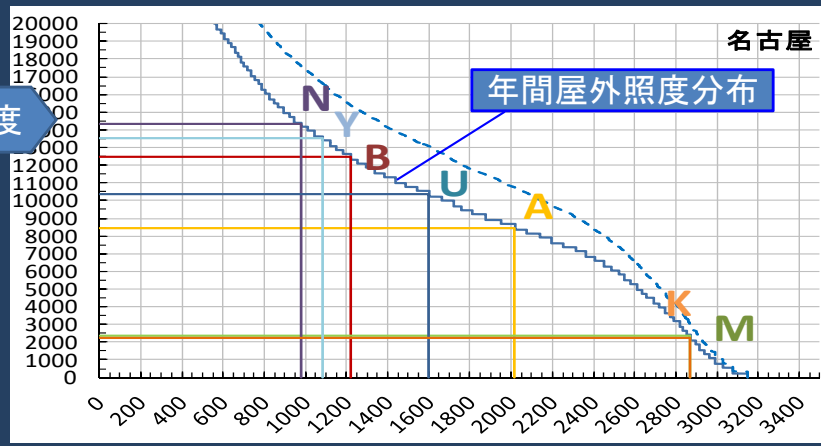
室全体の相互反射を解く

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



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

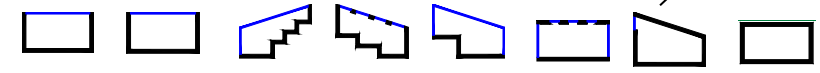
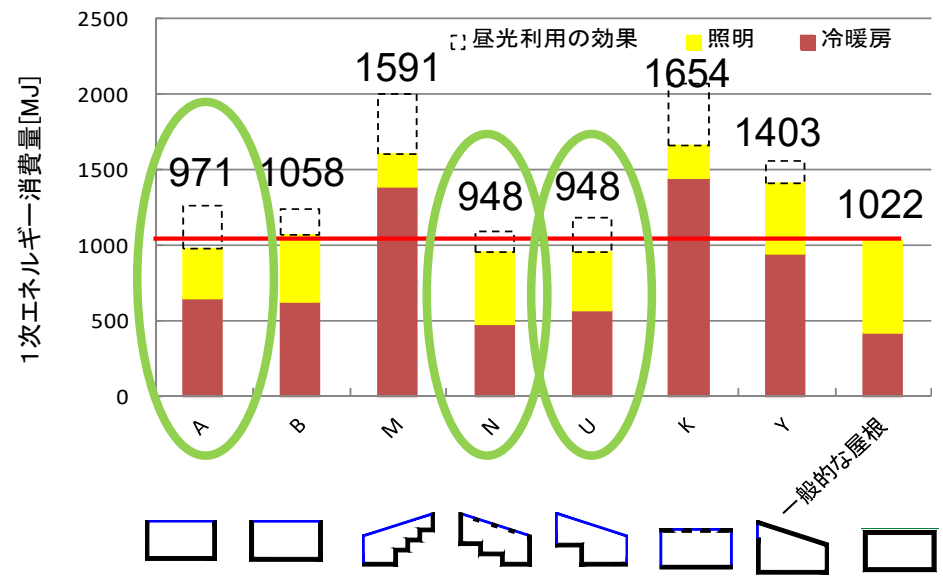
必要屋外照度



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

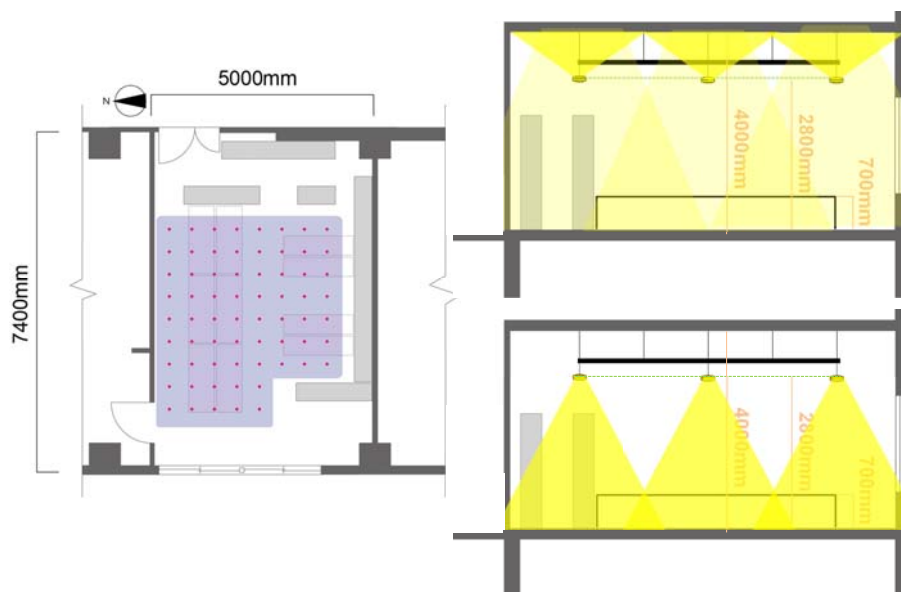
建物	屋根面の平均熱貫流率	屋根面の平均熱貫流率	屋根面の平均日射侵入	PAL値	床面 最小屋光率	設計照度が 500Lxの時の 必要屋外照度	年間屋光 利用時間 [h]
	[W/(m <sup>2</sup> ・K)]	[kcal/(m <sup>2</sup> ・K)]	[-]	[MJ/(m <sup>2</sup> ・年)]			
A	2.42	2.08	0.10	426	0.06	8441	2018
B	2.90	2.49	0.10	410	0.04	12500	1219
M	4.77	4.10	0.29	920	0.21	2346	2870
N	1.66	1.43	0.04	314	0.03	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

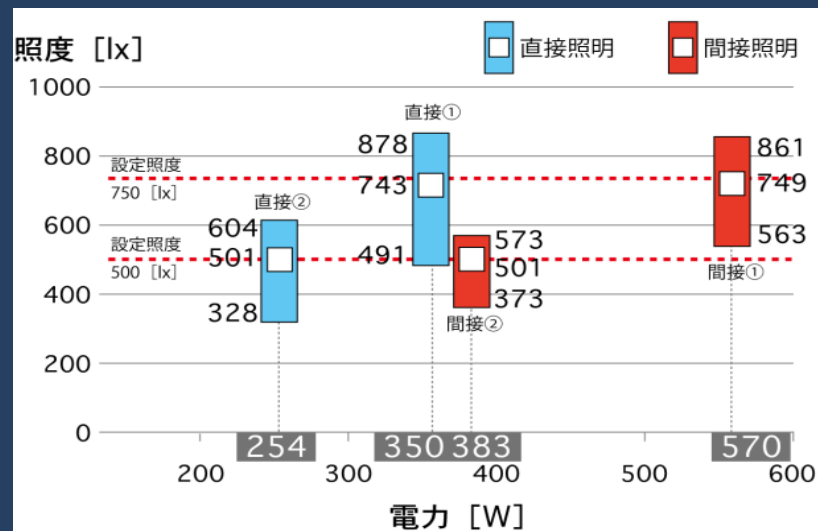
最低照度 373Lx

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



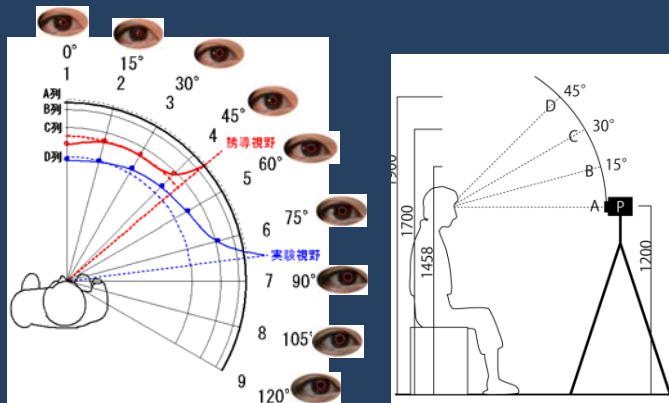
## 人の輝度に対する瞳の順応反応実験

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/m<sup>2</sup>

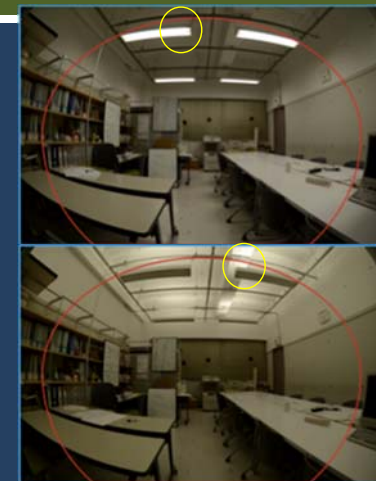
最高輝度 1739 cd/m<sup>2</sup>

間接照明

机上面照度 500 Lx

平均輝度 44 cd/m<sup>2</sup>

最高輝度 383 cd/m<sup>2</sup>

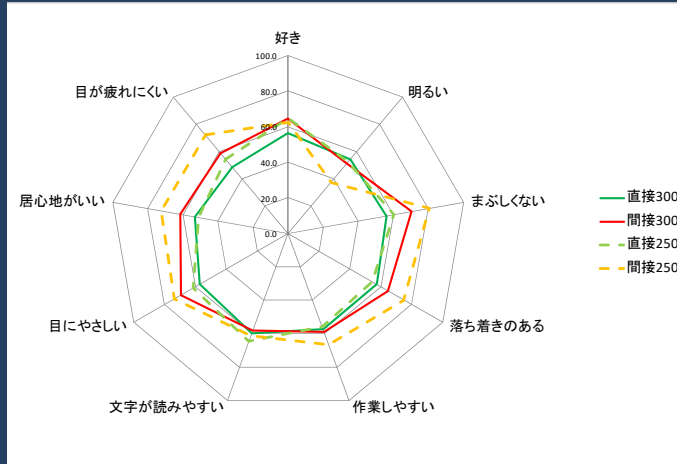


机上面照度の低い間接照明が平均輝度が高い (明るい)

直接照明は 最高輝度が高く眩しい

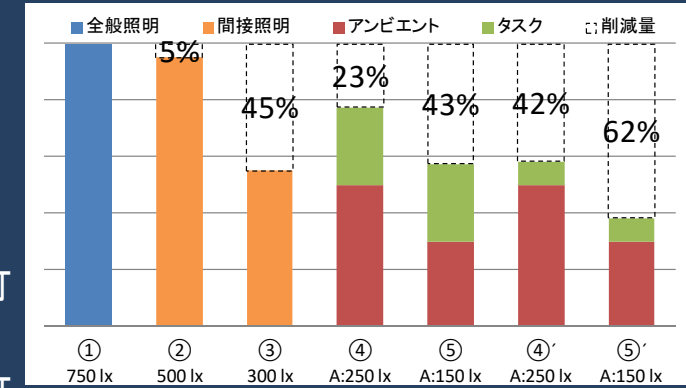
# 低照度における実験/アンケート結果

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