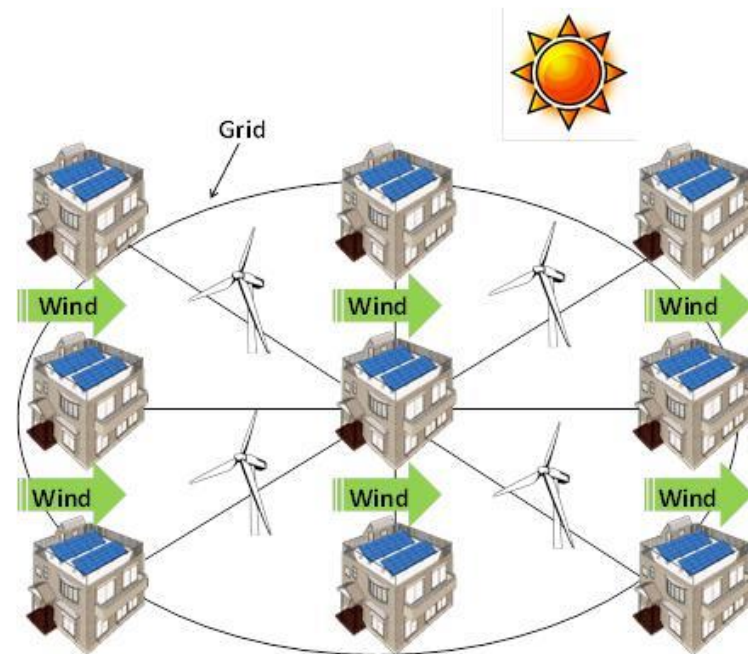


# ビル設置太陽光パネルの発電特性と ビル風利用風力発電との複合発電



(三重大学大学院) 西村 顕\*, 北川 諭, 柿田 将信, 廣田 真史

# 研究背景

化石燃料の枯渇  
CO<sub>2</sub>増大による温暖化  
エネルギー需要の増大



## 再生可能エネルギー

### 最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合<sup>(1)</sup>

ドイツ 2012年:22%    フランス 2012年:5%    日本 2013年:11%

### 全世界の電力供給における再生可能エネルギーの割合<sup>(2)</sup>

2013年:22% (水力:16.4%, 風力:2.9%, 太陽光:0.7%)

### 太陽光発電(PV)設備容量<sup>(3)</sup>

ドイツ	2013年	35.8 GW	中国	2013年	19.7 GW	日本	2013年	13.6 GW
フランス	2013年	4.8 GW	全世界	2013年	139.8 GW			

<sup>(1)</sup>資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの各国比較」    <sup>(2)</sup>自然エネルギー世界白書2014    <sup>(3)</sup>エネルギー白書2015



# スマートシティ

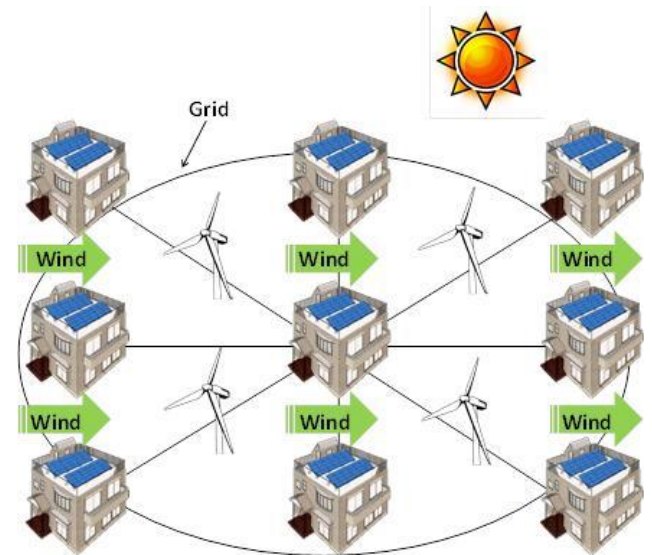
# 研究目的

## スマートシティについて

本研究では、  
再生可能エネルギーを予め  
組み込んだ街を造ることを目指す



設置制約がなく、最適発電が可能

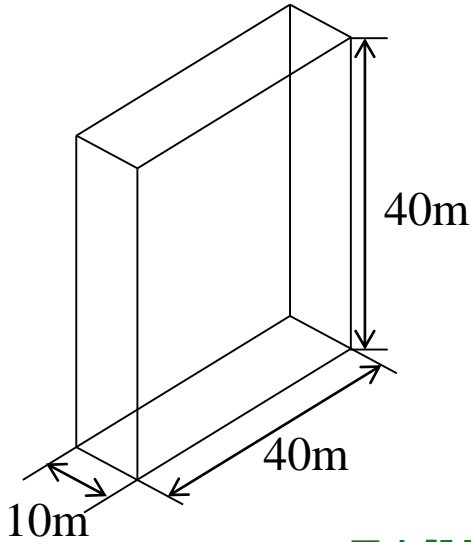


## 本研究目的

- ビルの屋上にパネル設置する場合の最適設置条件の解明
- ビルの屋上と壁面に同時にパネル設置する場合の発電特性の解明
- 対象ビルモデルの電力需要をPVのみの場合と風力発電と組み合わせた複合発電の場合でどの程度賄えるか検証

# モデリング

## ビルモデルデザイン



全国住宅平均延べ面積 = 94.13 m<sup>2</sup>

総務省 統計局・政策統括官・統計研修所  
平成20年住宅・土地統計調査

ビル1階の世帯数 = 4 世帯

ビル1階の高さ = 4 m

風車の全長 = 39 m

ビル1棟の世帯数



1世帯当たりの床面積  
= 100 m<sup>2</sup> (=10 m × 10 m)



ビル1階の床面積 = 400 m<sup>2</sup>



ビル高さ = 40 m



40 世帯

### 屋上設置型パネル

品番	HIT245α
公称最大出力	245W
外形寸法(幅×奥行×高さ)	1,580mm×812mm×35mm
モジュール変換効率	19.1%
発電方式	HIT
質量	15kg

### 壁面設置型パネル

品番	NA-B095AA
公称最大出力	95W
外形寸法(幅×奥行×高さ)	1,402mm×1,001mm×9.5mm
モジュール変換効率	6.8%
発電方式	薄膜シリコン
質量	33kg

### パワーコンディショナー

品番	VBPC255A4
電力変換効率	96.0%
寸法	580mm×270mm×172mm
設置場所	屋外



HIT245α



NA-B095AA



VBPC255A4

# 発電電力量計算方法

$$\text{発電電力量} \quad E_p = H \times K \times P \div 1 \quad (1)$$

$E_p$ : 予想発電電力量[kWh]

$H$ : 接地面の日射量[kWh/m<sup>2</sup>]

$K$ : 損失係数[-]

$P$ : システム容量

(HIT245α: パネル1枚245W, NA-B095AA: パネル1枚95W) [kW]

1: 標準状態(AM1.5, 日射強度1kW/m<sup>2</sup>, モジュール温度25°C)における日射強度 [kW/m<sup>2</sup>]

## 損失係数

$$K = K_p \times K_m \times K_i$$

$K_p$ : パワーコンディショナ電力変換効率(= 0.960) [-]     $K_i$ : その他(受光面汚れ, 配線)損失(= 0.950) [-]

$K_m$ : 太陽電池モジュール温度上昇による損失 [-]

$$K_m = 1 - \frac{(T_m - T_s)}{100} C$$

$$T_m = T_a + \left\{ \left( \frac{46}{0.41U_m^{0.8} + 2} \right) H - 2 \right\} \quad (3)$$

$T_m$ : モジュール温度 [°C]

$T_a$ : 外気温度 [°C]

$T_s$ : 標準状態モジュール温度(= 25) [°C]

$U_m$ : モジュール表面を通過する風の風速 [m/s]

$C$ : 温度係数(= 0.35) <sup>(2)</sup> [%/°C]

(1) <http://www.nedo.go.jp/content/100110086.pdf>

(2) 川本ら, SANYO TECHNICAL REVIEW, 2002

(3) 社団法人日本電機工業会,  
平成15年度経済産業省委託成果報告書, 2004

# 影を考慮した場合のパネル設置方法

影による発電電力量への影響を無視できる設置位置



冬至の日の午前9時における影がパネルにかからない位置<sup>(1)</sup>

(1): NEDO 太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン

## パネル設置枚数の計算

$$L = \frac{1}{\tan \alpha} \times \cos \beta \times h$$

$L$ : 北方向への太陽光パネルの影の長さ [mm]

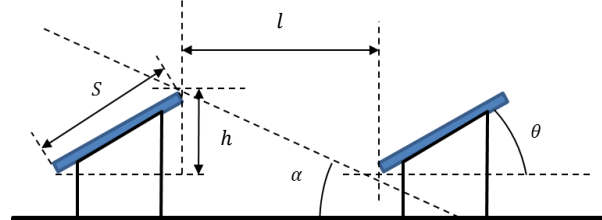
$\alpha$ : 太陽高度 [°]

$\beta$ : 南北方向からの太陽方位角度 [°]

$h$ : 太陽光パネルの高さ [mm]

$\theta$ : 太陽光パネルの傾斜角度 [°]

設置傾斜角[°] $\theta$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
太陽光パネルの高さ[mm] $S \sin \theta$	0	141	278	406	522	622	703	763	800	812
太陽光パネルの長さ[mm] $S \cos \theta$	812	800	763	703	622	522	406	278	141	0
最長影長さ[mm] $L$	0	312	615	898	1155	1376	1555	1688	1770	1796
総長さ[mm] $L + S \cos \theta$	812	1112	1378	1601	1777	1898	1961	1966	1911	1796
太陽光パネル設置枚数[枚] $n$	300	200	175	150	125	125	125	125	125	125
影を考慮した枚数/ 影を考慮しない枚数[-]	1.00	0.67	0.58	0.50	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42

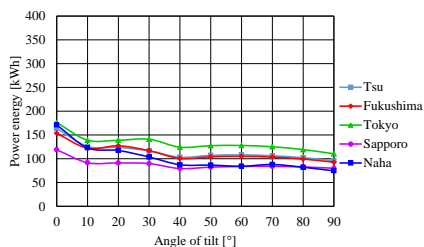


# 影を考慮した太陽光パネルのビル屋上最適設置条件の検討

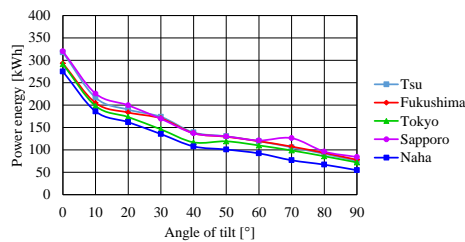
## 評価方法

対象ビルモデルに設置する太陽光パネルの設置傾斜角および設置枚数を変化させて発電電力量を見積もる

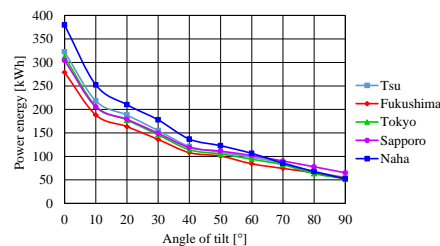
- ✓ 傾斜角別の日射量: METPV-11の20年間分(1990年~2009年)のデータの平均値を使用
- ✓ 1日分の発電電力量: 1時間毎の日射量, 風速, 気温のデータを用いて1時間毎の発電電力量を算出し, 24時間分を合計
- ✓ 各月で平均日射量が得られる日について1日分の合計発電電力量を求め, 比較
- ✓ 津市, 福島市, 東京都, 札幌市, 那覇市の気象データを用い, 日本全体で適用可能な最適条件を抽出



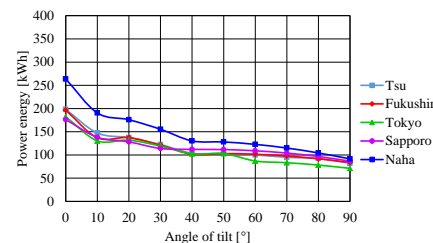
January



April



July



October

**ビル屋上に設置する場合, 0° が最適設定傾斜角**

# 太陽光パネルをビルの屋上と壁面に設置した場合の発電特性

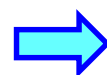
## 評価方法

津市の気象データを用いて、壁面設置用太陽光パネルをビルモデルに設置した場合の発電特性を各月の平均日射強度の日で評価

- ✓ METPV-11の傾斜角 $0^{\circ}$  ,  $90^{\circ}$  の日射データを用いて比率を算出
- ✓ PV300データ(水平面日射強度;10秒間隔)に比率を乗じ、 $90^{\circ}$  の日射強度を算出
- ✓ 太陽光パネルをビルの南向き1壁面に300枚設置した場合の発電電力量を算出し、屋上設置の場合と比較
- ✓ 講演J0530301で報告した方法で算出したビル1棟基準(40世帯)の電力需要特性と比較

月	2013年10月	2014年1月	2014年4月	2014年7月
太陽光発電電力量(壁面設置) [kWh]	44.4	81.3	74.8	48.8
太陽光発電電力量(屋上設置) [kWh]	205.6	205.8	352.7	330.5
太陽光発電電力量(屋上+壁面) [kWh]	250.0	287.1	427.5	379.3
電力需要量[kWh]	324.3	395.3	404.4	356.6
自給率(屋上設置) [%]	63.39	<b>52.06</b>	87.21	<b>92.67</b>
自給率(屋上+壁面) [%]	77.08	<b>72.6</b>	105.7	<b>106.3</b>

壁面設置の効果は特に冬に大きい



太陽光度が低いため



# 提案ビルモデルの複合発電での発電特性

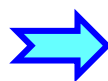
## 評価方法

複合発電ビルモデルを津市に設置想定した場合について、各月の平均日射強度の日で発電特性を評価

- ✓ ビル角度135° になるようにノズル状に配置したビル2棟を対象
- ✓ ビル2棟の屋上に太陽光パネルを設置傾斜角0° で最大数(300枚/棟)敷き詰める
- ✓ 風車1台をビル間中心から後方20m離れた位置に設置想定
- ✓ 講演J0530301で報告した方法で算出したビル2棟(80世帯)の電力需要特性と比較

月	2013年10月	2014年1月	2014年4月	2014年7月
太陽光発電電力量[kWh]	411.2	411.5	705.3	661.0
風力発電電力量[kWh]	255.0	512.8	405.5	155.9
複合発電電力量[kWh]	666.2	924.4	1110.8	816.9
電力需要量[kWh]	648.7	790.5	808.7	713.2
自給率(太陽光発電)[%]	63.39	<b>52.06</b>	87.21	<b>92.67</b>
自給率(複合発電)[%]	102.70	<b>116.93</b>	137.35	<b>114.53</b>

太陽光発電で不足する分を  
風力発電でカバー



特に冬期に効果大  
(年間主風向近傍より風が流入するため)<sub>9</sub>

# まとめ

- ✿ 影の影響を考慮した場合、ビル屋上のような限られた敷地に太陽光パネルを設置する際の**最適設置傾斜角は $0^{\circ}$** である。
- ✿ 太陽光パネルを**壁面設置する効果は冬季に大きくなる**。
- ✿ 提案ビルモデルで太陽光発電と風力発電の**複合発電**を想定すると、**1日当たりの自給率は100%を超える**。
- ✿ 提案ビルモデルで複合発電を想定すると、**特に冬期に太陽光発電の不足分を風力発電でカバー**することができる。

# 今後の課題

風力発電，太陽光発電で賄いきれない電力需要の時間変動をカバーするシステム提案とその実証

ビルモデルのモジュール化による，より大規模での評価

# 謝辞

本研究は、一般財団法人前川報恩会平成26年度  
研究助成を受けて行われた。  
ここに謝意を表す。