





東工大 環境エネルギー機構の研究拠点  
**グリーンヒルズ1号館**  
 (環境エネルギーイノベーション棟)

高度な低炭素化(60%以上削減)と電力  
 の自給自足を両立するビルとして設計され  
 た世界でも類をみない研究棟である。

Ihara Laboratory  
 伊原研究室

東京工業大学 グリーンヒルズ1号館  
 (環境エネルギーイノベーション棟)

基本構想：東京工業大学 環境エネルギー機構  
 デザイナー・アーキテクト：

塚本由晴研究室(意匠)、竹内徹研究室(構造)、伊原学研究室(環境・エネルギー)  
 設計：東京工業大学施設運営部＋日本設計

基本構想担当者

東京工業大学 環境エネルギー機構／

伊原 学、平井秀一郎、山田 明、店橋 護、野崎智洋、植田 譲、岡崎 健、佐藤政弘、伊澤達夫

設計担当者

デザイナー・アーキテクト：塚本由晴研究室／塚本由晴、吉村英孝、大熊克和、千田友己、坂根みなほ、山道拓人、千葉元生

竹内徹研究室／竹内 徹、中村 悠、近藤佑樹、多田尊紀、得能将紀 伊原学研究室／伊原 学

設計：東京工業大学施設運営部／(総合)佐藤政弘、鈴木久雄、齋藤孝司、小川 昭、(建築)佐藤 誠、七部俊夫、

佐久間武史、(設備)村山 修、小寺 豊、東 泰彦、三好立志、神谷克樹、日本設計／(統括)福田卓司、大野二郎、

(建築)平山浩樹、讚井 章、須賀貴康、永田未奈美、(構造)人見泰義、西川大介、高崎雄太、(設備)柳井 崇、佐々木真人、

古谷政秀、阿久津太一、大庭正俊、大谷文彦、橋本健史、(コスト)笹本良典、

(ランドスケープ) ランドスケープ・プラス／平賀達也 (技術協力)湯浅和博研究室／湯浅和博

施工

(建築)戸田建設／大河内祥志、伊藤達成、岩崎圭佑、(空調・衛生)ダイダン／山口孝浩、中川 博

(電気)ユアテック／松田明浩、佐々木清、八子雅史、吉村秀次



エネルギー分野・建築分野の教員・施設運営部が各企業とともに本プロジェクトを推進

Ihara Laboratory  
 伊原研究室

## 建築概要

## 工事場所

東京都目黒区大岡山2-12-1  
(東京工業大学 大岡山キャンパス構内)

## 構造

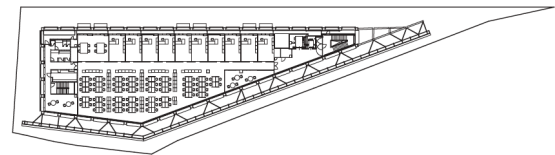
鉄骨構造、鉄骨鉄筋コンクリート構造

## 規模

地上7階、地下2階、  
軒高32.56m、最高部高さ33.94m、  
建築面積1,742m<sup>2</sup>、延床面積9,554m<sup>2</sup>、基準階面積1,150m<sup>2</sup>

## 工程

設計期間 2009年4月～2009年12月  
施工期間 2010年2月～2012年2月



研究室フロア(四階) 1:500

**環境エネルギーイノベーション棟(EEI棟)  
6つの基本コンセプト**

1. CO<sub>2</sub>排出量の削減を最大のプライオリティとし、実質的に有効な設備設計を追求すること(既存の東工大研究棟比で60%以上のCO<sub>2</sub>排出量の削減を目標) →”電力自給自足”
2. 可能な限り、将来の技術的進展も考慮した設備設計を行うこと
3. 世界のエネルギー研究の拠点となるべき研究環境を提供すること
4. 環境エネルギーにおける異分野融合研究を促進するため、研究室間に壁がない研究棟とすること
5. 将来の大地震に備え、高い耐震性を有すること
6. 「機能美」を追求し、先進設備と都市景観とを調和させた意匠性を有すること

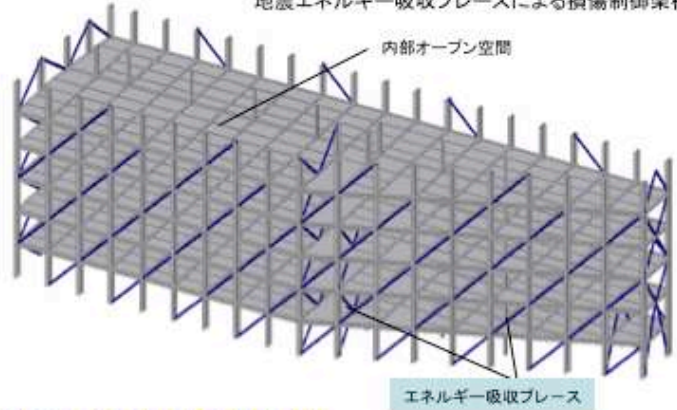
### 地震エネルギーを吸収する外郭架構

竹内徹研究室(構造)



Main Structure

外郭にらせん状に配置された  
地震エネルギー吸収ブレースによる損傷制御架構



### 先進設備が都市空間へ調和する意匠性



塚本由晴研究室(意匠)



国立大学法人 東京工業大学

各エネルギー設備の原理、エネルギー問題の根幹  
“エネルギー変換”



運動エネルギー



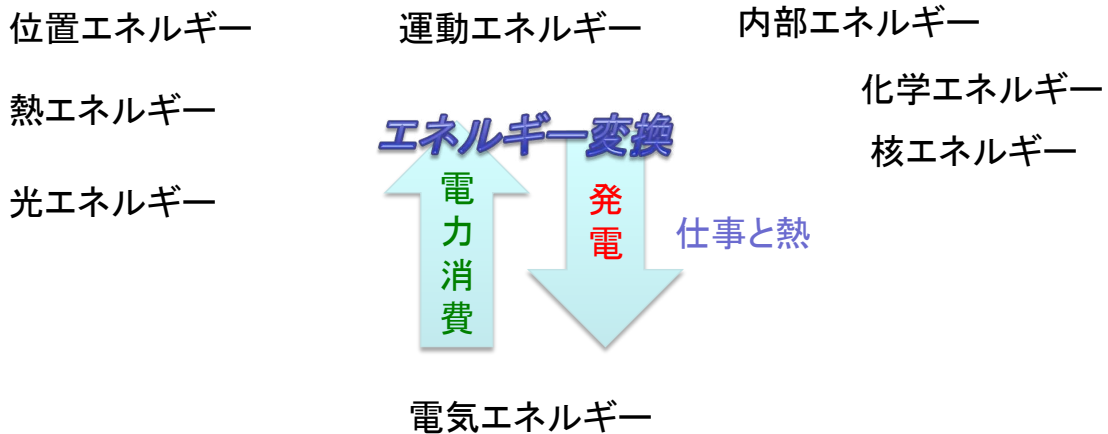
位置エネルギー



**エネルギー変換:**  
エネルギーの種類を変換すること



エネルギーには、いくつかの種類がある。



エネルギーの総量はいかなるエネルギー変換でも保存する  
(熱力学第1法則 = エネルギー保存則)

Ihara Laboratory  
伊原研究室

エネルギーは保存するが、、、重要なのは、

## エネルギー変換効率

入力したエネルギーに対して、

目的とするエネルギーに変換できた割合

Ihara Laboratory  
伊原研究室

## エネルギー変換には損失(熱)が生じる !



-- 損失が少なければ高いエネルギー変換効率 --

熱のマネジメントが重要に、(排熱利用、内部発熱、、、)

Ihara Laboratory  
伊原研究室

環境エネルギーイノベーション棟に電力を供給する  
二つのエネルギー変換デバイス

太陽電池

燃料電池

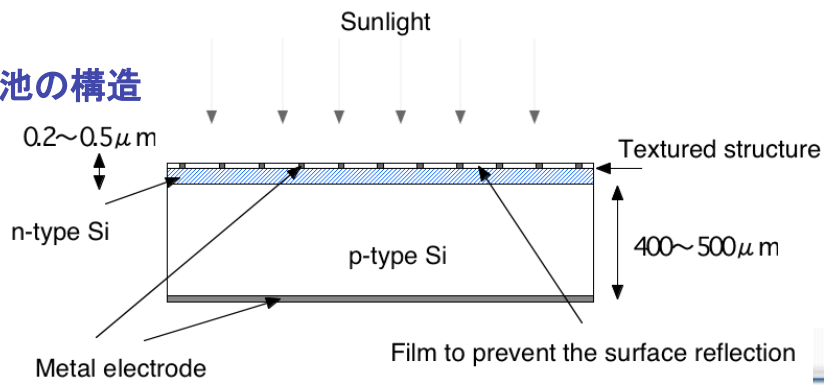
Ihara Laboratory  
伊原研究室



太陽エネルギー（光エネルギー）を電気エネルギーに変換するデバイス：**太陽電池**



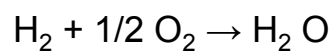
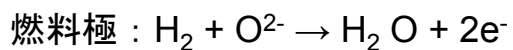
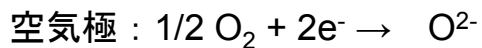
**Si 太陽電池の構造**



Ihara Laboratory  
伊原研究室

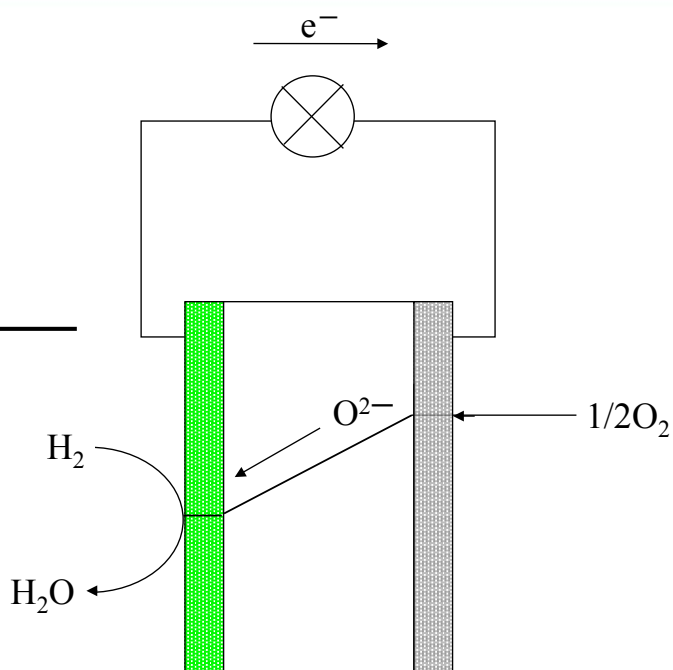
シリコン太陽電池の光電効果とは？

## 燃料電池



燃料の酸化(燃焼)によるエネルギー(ギブス自由エネルギー)を直接電気に変換

酸化とは、酸素との結合→「物質が電子を失う変化」のこと



固体酸化物燃料電池 (SOFC)

将来に向けたエネルギーシステムの構築に必要なものは?



将来に向けたエネルギーシステムの構築には、

1. 太陽電池、燃料電池、高効率機器の変換効率の向上と
2. 適切なエネルギーシステムの設計

の両面が重要になってくる。



様々なエネルギーデバイスから需要に合致したデバイスを選択、システム化しなくてはならない。

## How?

Ihara Laboratory  
伊原研究室

### エネルギーシステムの設計方針

#### 1. 徹底した省エネルギー化

- ・機器の高効率化
- ・熱の遮蔽と断熱
- ・廃熱の利用
- ・効率的スイッチング
- ・見える化などによる節電行動の促進
- ・自然エネルギーの活用  
(風、換気、クールピット利用など)

電力の自給自足



#### 2. エネルギー需要(熱/電気)に合致した高効率分散発電システムの導入

太陽電池は、CO<sub>2</sub>削減効果が高いものの時間変動が大きい電源

→

エネルギー需要にあわせた再生可能エネルギー／化石エネルギー複合型の  
高効率分散型発電システムを導入

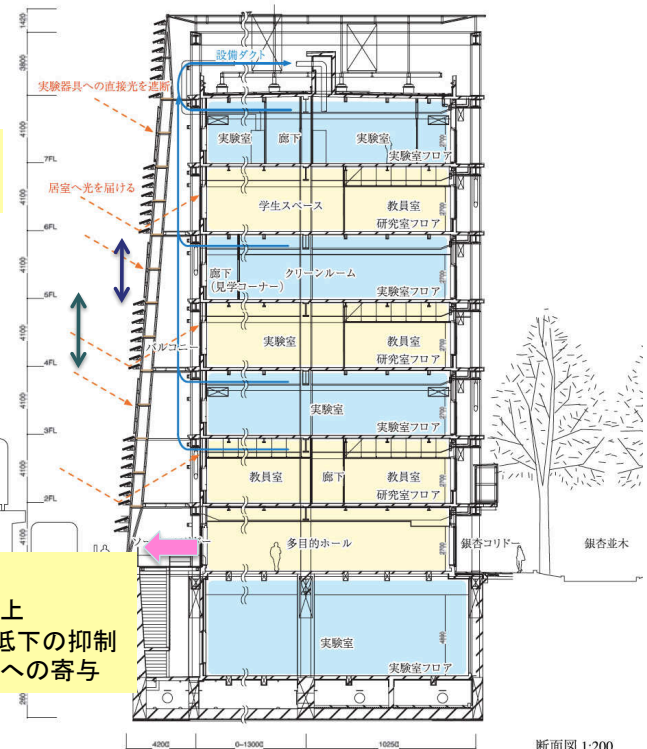
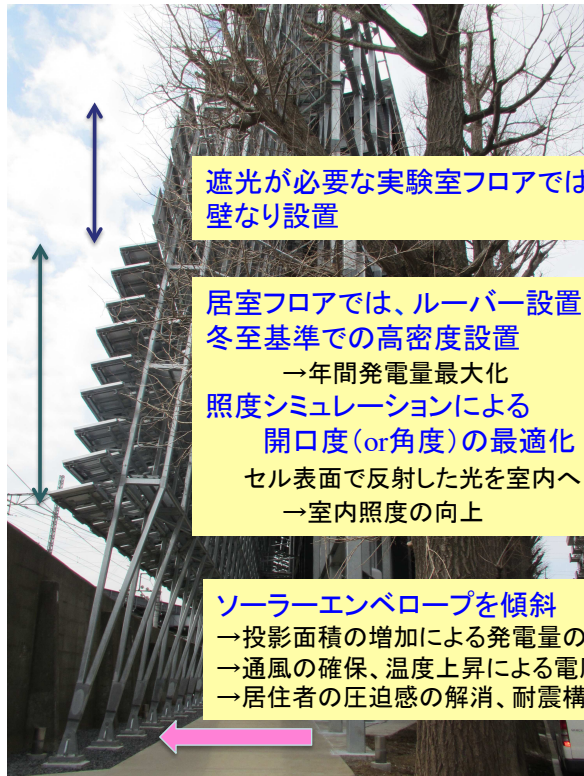
(太陽電池の最大導入+ベース電源として排熱利用型高効率燃料電池)

#### 3. 分散電源(発電・蓄電)と外部電力の連携(系統連系など)による 電力需給の総合的なマネジメント

Ihara Laboratory  
伊原研究室

## 太陽電池による発電システム (1/3)

従来、コストパフォーマンス優先の設置 → 年間発電量などの機能および安全性優先の設置へ



## 太陽電池による発電システム (2/3)

各パネルを屋上、南面、西面の壁面に設置  
総パネル枚数約4570枚、総発電容量は約650kW

パワーコンディショナーによって  
DC/AC変換し、系統連携(日新電機)

西面

多結晶シリコン(三菱電機)

屋上

単結晶シリコンハイブリッド  
(パナソニック)

南面

単結

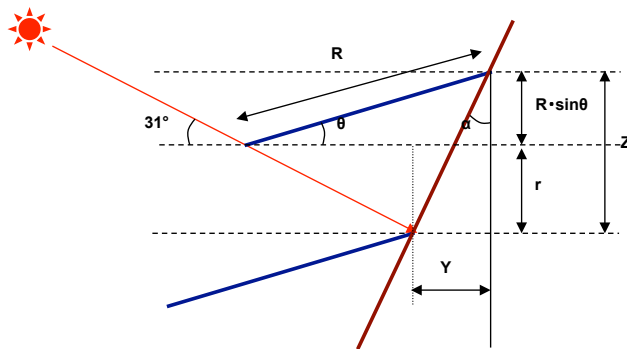
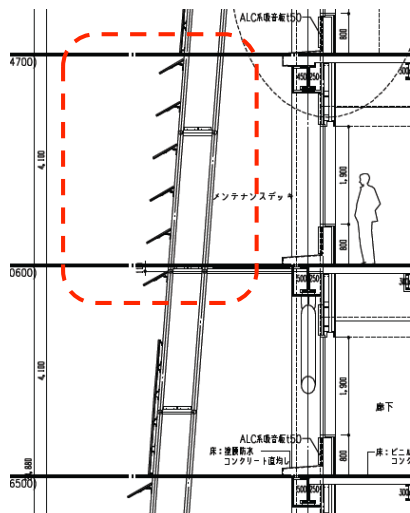
2012/02/28 14:15



## 南面ルーバー部の開口率、傾斜角の検討

南面 影の影響を加味した開口率別の発電量検討

冬至においてパネル上に影が落ちない高密度配置を前提とした、開口率30%、60%、80%の3パターンにおける影の影響を考慮した発電量シミュレーション



Ihara Laboratory  
伊原研究室

## 南面ルーバー部の開口率、傾斜角の検討(3/3)

開口率別の発電量・採光検討(ルーバー形式での設置の場合)

南中高度		開口率30°		開口率40°		開口率50°		開口率60°	
冬至	31°	年間発電量	1,628 kwh	年間発電量	1,644 kwh	年間発電量	1,866 kwh	年間発電量	2,028 kwh
		年間設置容量 (1kwあたり)	835kwh	年間設置容量 (1kwあたり)	843kwh	年間設置容量 (1kwあたり)	837kwh	年間設置容量 (1kwあたり)	808kwh
			ルーバー 7枚		ルーバー 7枚		ルーバー 8枚		ルーバー 9枚
照度分布									
						開口率が高い方がパネル枚数が多く年間発電量が増加 開口率が高いほど採光の確保が可能			

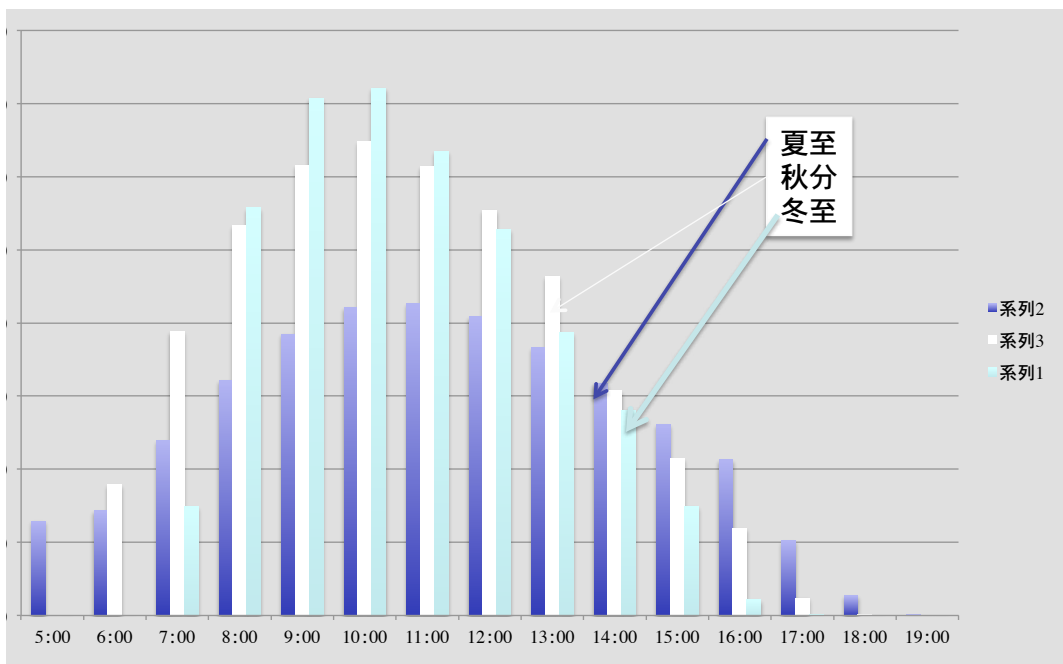
散乱光の導入

Ihara Laboratory  
伊原研究室



Ihara Laboratory 伊原研究室

EEI棟における太陽電池の時間別発電量予測



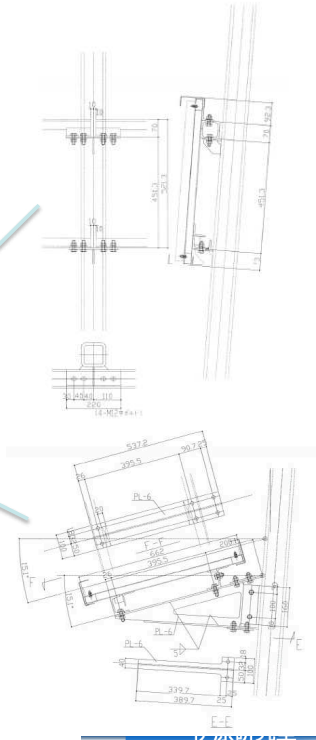
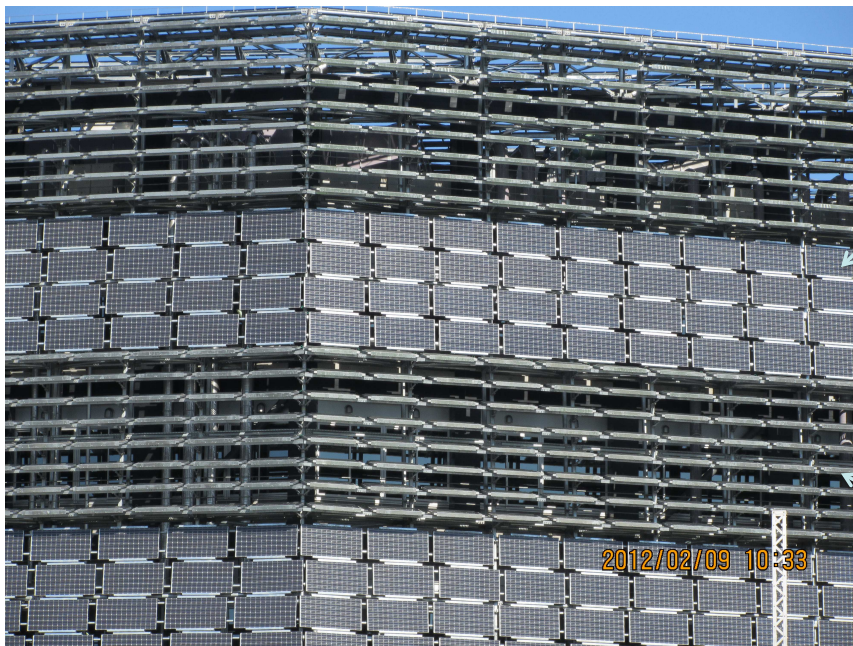
Ihara Laboratory 伊原研究室



太陽電池による発電システム (3/3)

南面:

「裏面からのボルト止め+ツメの設置」、独自の落下防止機構による安全性の向上



これまで、都心への相当量の高所への設置、前例なし

“電解質材料と運転温度”で分類される燃料電池



## 燃料電池による発電システム

外気処理空調に排熱を利用する100kW高効率燃料電池システム



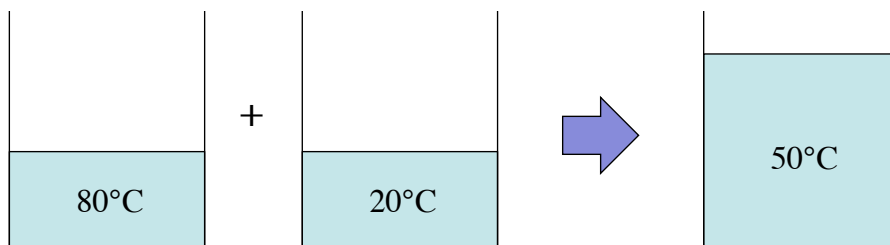
高温排熱と低温排熱  
利用方法が違う。

Ihara Laboratory  
伊原研究室

## 熱力学が教えてくれる “エネルギーの質”

水とお湯を混ぜた場合、

ギブス自由エネルギー  
エクセルギー



エネルギーは保存するが、、、、

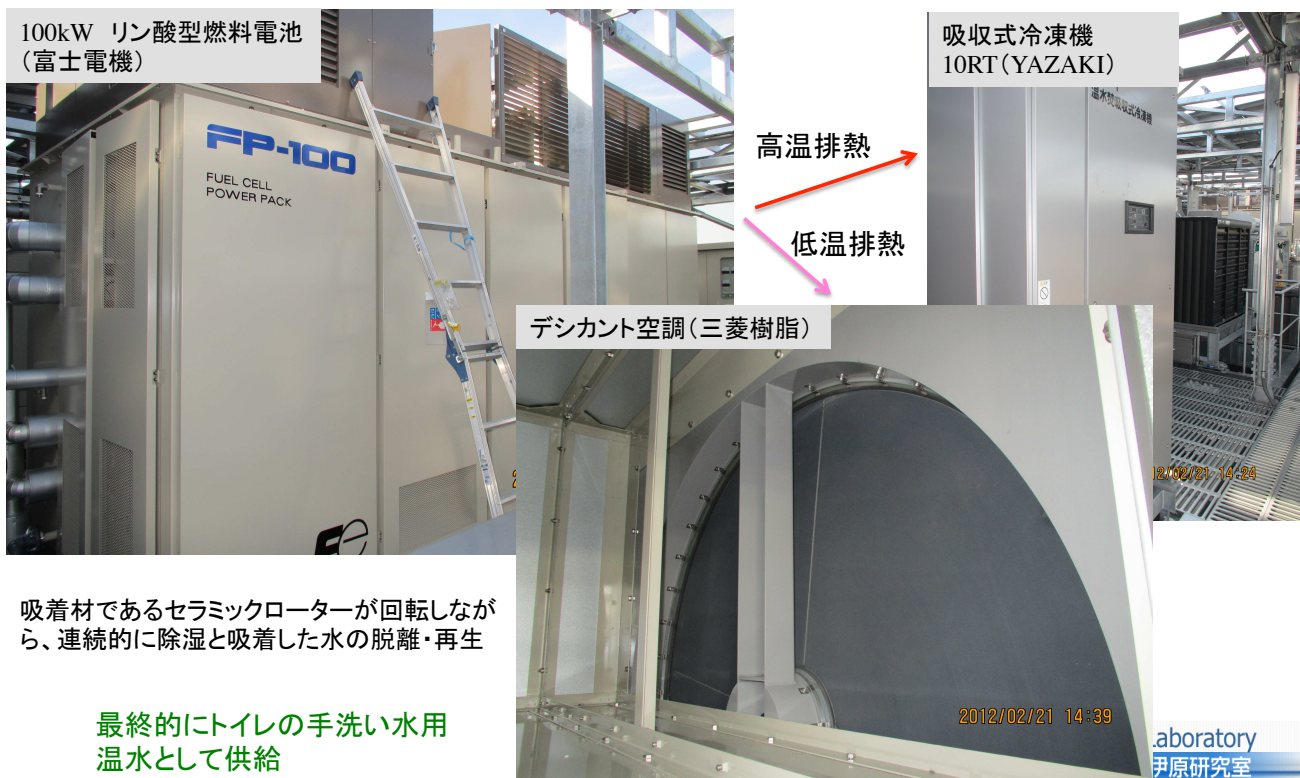
高温の熱からは仕事が取れるが、環境と同じ温度の熱からは仕事が取れない。  
熱は環境と同じ温度になると価値を失う。

同じ熱量でも、高温の熱は利用しやすい、価値がある。

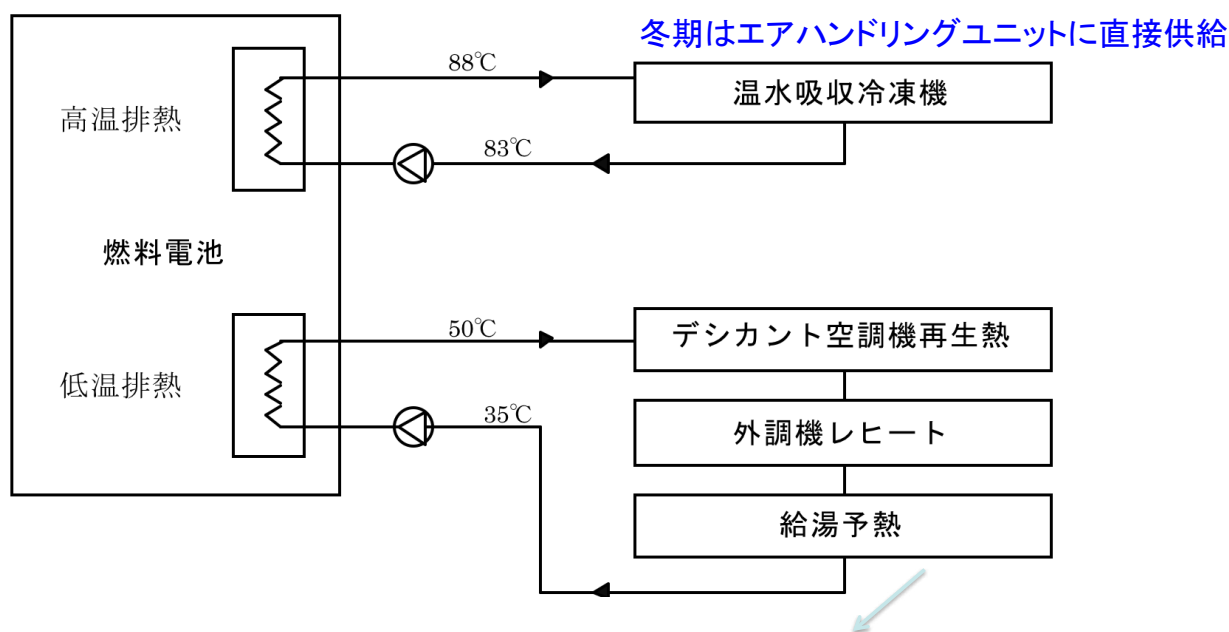
Ihara Laboratory  
伊原研究室



外気処理空調に排熱を利用する100kW高効率燃料電池システム

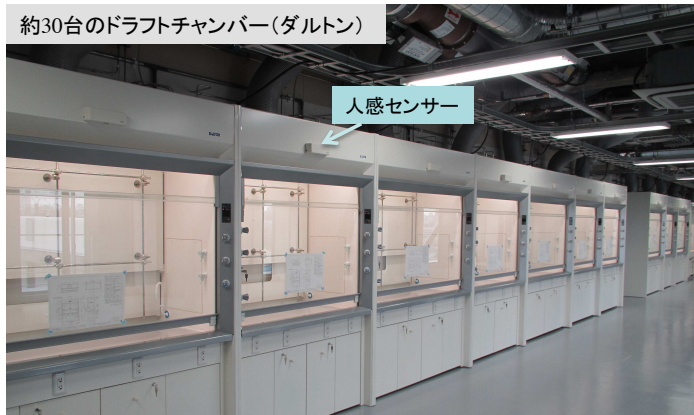


燃料電池の排熱の利用



トイレの手洗い水(なりゆき温度)、シャワー室の給湯予熱

## ドラフトチャンバーの同時稼働率の予測と風量制御バルブの採用



約30台のドラフトチャンバー(ダルトン)

人感センサー

前面扉の開閉度と自動風量制御バルブ/外気処理空調が瞬時に連動することで面風速を0.5m/sに維持。(アズビル)

人感センサー制御によって研究者の不在時には自動的に全面扉が降下、最終的には最低必要風量まで面風速を自動的に低減。



ドラフトチャンバーからの排気ダクト

水スクラバーと活性炭カラム

圧力損失による動力負荷の軽減のため、最上階(7F)とクリーンルーム(5F)にのみドラフトチャンバーを設置

同時稼働率を東工大大岡山キャンパス内の運用実績データから予測し、排気設備容量を最適化

Ihara Laboratory  
伊原研究室

## 燃料電池の排熱を利用した外気処理空調

ドラフトチャンバー・熱排気ファンからの排気に相当する外気を給気、室内の空調し圧力を調整



外気処理空調のエアハンドリングユニット (クボタ)



外気処理空調用ヒートポンプ(東芝キャリア)

### 燃料電池排熱の利用

- 燃料電池電池からの排熱による温水
- 燃料電池電池からの排熱を利用した吸収式冷凍機からの冷水
- 燃料電池電池からの排熱を利用したデシカント空調で除湿された外気

Ihara Laboratory  
伊原研究室



## クリーンルームにおけるファン・フィルターユニットの自動制御

ファン・フィルターユニット (PACエアコン) を、人感センサーにより設定可能な3モードで自動運転。省エネ化と良好な研究環境を両立。

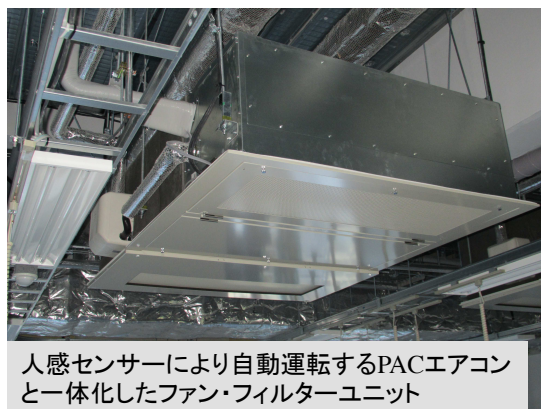
太陽電池の研究に必要な、塵がなく調湿された860m<sup>2</sup>のクリーンルーム



燃料電池排熱を利用(再熱)する外気処理空調のフィルター付き給気口



10/21/06 17:43



人感センサーにより自動運転するPACエアコンと一体化したファン・フィルターユニット

設定可能な3モード

1. 通常モード、2. 省エネモード、
3. 無人モード

### 空調の自動制御システム・中央監視システム

(アズビル)

Ihara Laboratory  
伊原研究室

## 地中熱ヒートポンプと放射冷暖房

通常の空調では室外機から放出される熱を年間を通して温度が安定している地中に伝熱させ(100m×4本)、省エネ化と同時にヒートアイランドの防止に効果あり。

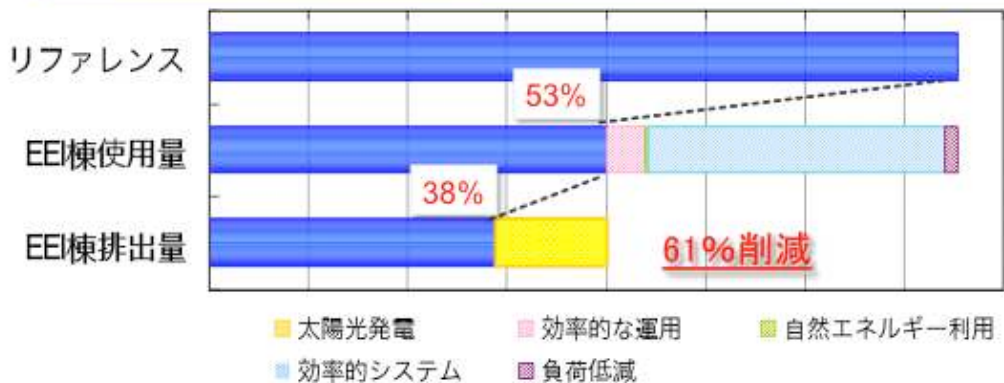


輻射によって冷暖房をおこなう放射冷暖房と組み合わせることでファン動力の削減と自然な空調が可能。

東京工業大学 環境エネルギーイノベーション棟のエネルギー設備の概要



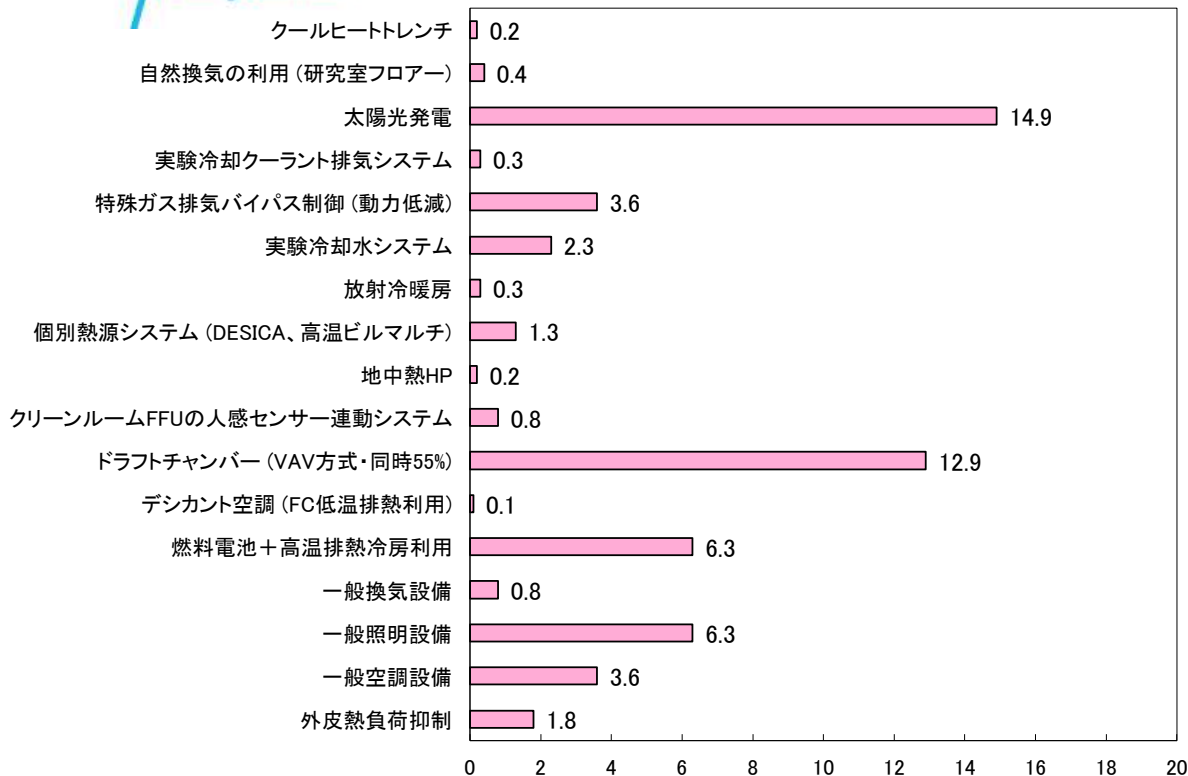
EEl棟のエネルギーシステムによるCO<sub>2</sub>削減効果



電力の自給自足



**各設備のCO<sub>2</sub>削減効果の設計時予測**



+中央監視システムの導入による効率的運用による5%を見込むと **- 61.1%** Ihara Laboratory 伊原研究室

**環境エネルギーイノベーション棟の運用実績概要、速報**

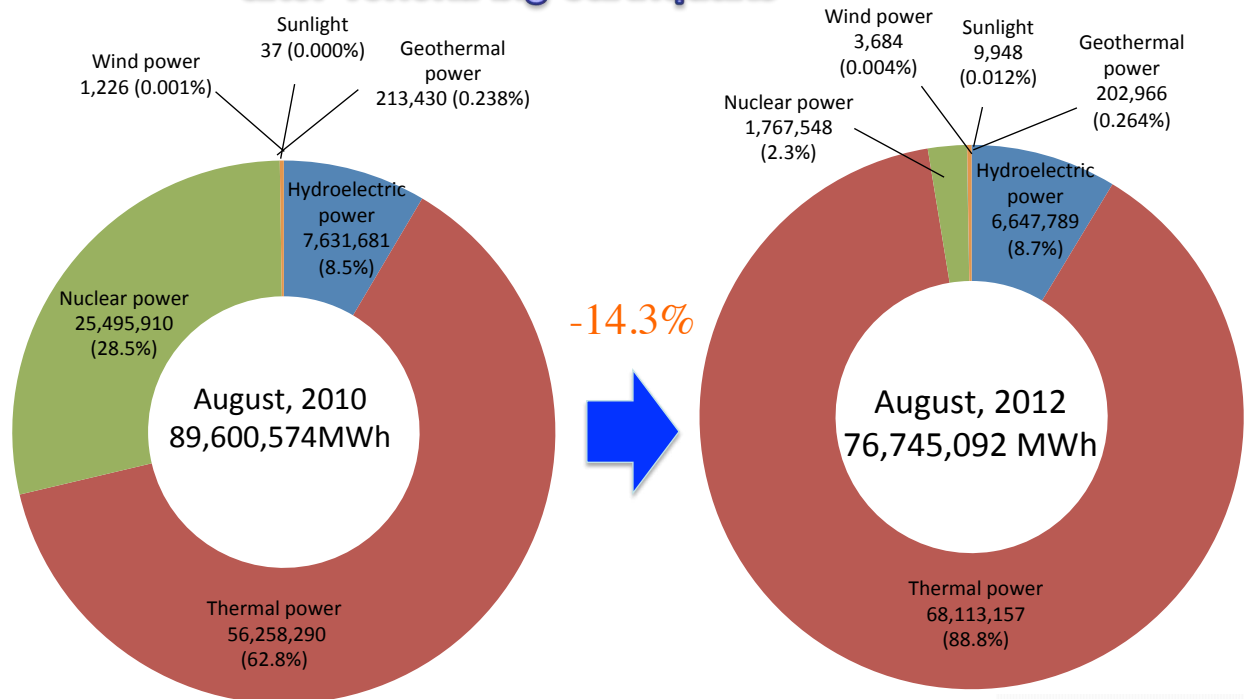
期間: 2012年3月~2013年2月

CO<sub>2</sub>排出量を約60%以上削減(リファレンス研究棟基準)

電力をほぼ自給(設計時の面積基準)  
約90%の電力を自給(現在の面積基準)

太陽電池からの電力比率: 約30%以上  
太陽電池は主要電源の一つ

## Big change of source of electricity in Japan after Tohoku big earthquake



<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/denryoku/result-2.htm>

Ihara Laboratory  
伊原研究室

## 環境エネルギーイノベーション棟の運用実績概要、速報

期間: 2012年3月～2013年2月

CO<sub>2</sub>排出量を約60%以上削減(リファレンス研究棟基準)

電力をほぼ自給(設計時の面積基準)  
約90%の電力を自給(現在の面積基準)

太陽電池からの電力比率: 約30%以上  
太陽電池は主要電源の一つ

年間の電力・ガス・水料金削減額: 約3000万円  
(電気、ガスのフラットレート基準)

Ihara Laboratory  
伊原研究室

## 本研究棟の設計結果・運用実績が示す意味とは？

太陽電池を代表とする自然エネルギーは、主力電源としての役割をどれだけ果たすことができるのか？

電力需要が多く制約の大きい条件下であるビルであっても、十分に太陽電池パネルが主力電源となり得ることを示している。

外周に設置された650kWもの大容量太陽電池パネルは、  
本研究棟の象徴的存在

しかし、  
低炭素化と電力の自給自足の両立を実現できた最大の仕組みは、  
むしろ高効率機器の導入と適切なシステム設計、そして  
その効率的な運用などの省エネルギー化

太陽電池パネルの発電量の変動を補うベース電源として、  
化石エネルギーを使った高効率燃料電池システムの存在は大。

自然エネルギーの大容量導入には、  
安定的なベース電源との組合せが適している

Ihara Laboratory  
伊原研究室

自然エネルギーの存在感、災害のリスク



集中から分散型のエネルギーシステムへ

変動の大きい自然エネルギー、  
電力の需給を一定の単位で安定化、制御する仕組みが必要。

ピークカット、停電時の自立運転

→スマートグリッド

Ihara Laboratory  
伊原研究室



東工大とNTTデータCSなど数社で共同開発した

## スマートグリッド管理システム“*Ene-Swallow*”(エネ-スワロー)

Ihara Laboratory  
伊原研究室

### スマートグリッド管理システム “*Ene-Swallow*” ver.1

設計統括: 東京工業大学 伊原学研究室

システム設計: NTTデータ カスタマサービス株式会社 + NTTデータ ビジネスシステムズ

ソフトウェア設計: シムックス株式会社

エネルギーデータ計測: 東京工業大学施設運営部 + 株式会社ユアテック + アズビル株式会社  
+ ダイキン工業株式会社 + 日新電機株式会社 + 株式会社近計システム

\*\*\*\*\*

設計統括: 伊原学研究室/ 伊原学

システム設計: NTTデータ カスタマサービス株式会社/ 吉田憲正、矢田伸一、米田順一、戸巻一則、佐藤学、浪瀬時彦、小菅豊治、高橋輝男、竹野洋史、松下浩之、藤原豊、木下定幸、久保田修、永山裕之、高村大吾、

NTTデータ ビジネスシステムズ/ 小林昌樹、河島正明、兼平靖彦

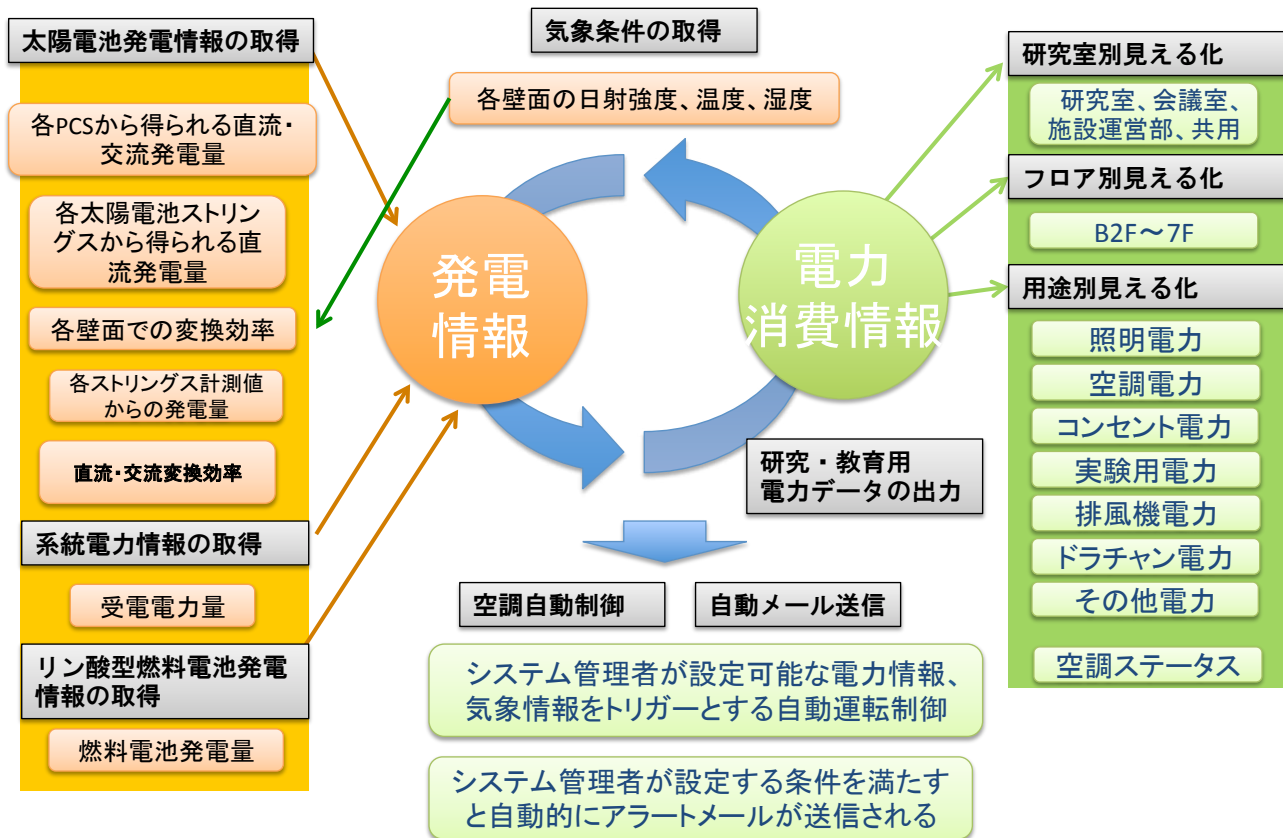
ソフトウェア設計: シムックス株式会社/ 中島高英

エネルギーデータ計測: 東京工業大学施設運営部/ 村山修、三好立志、神谷克樹、中尾元彦、株式会社ユアテック/ 松田明浩、中村一久、伊豆学、アズビル株式会社/ 遠藤洋平、木下哲男、ダイキン工業株式会社/ 藤井克明、川田一仁、日新電機株式会社/ 饗庭直介、株式会社近計システム/ 岡幸広

技術協力: 株式会社日本設計/ 阿久津太一、佐々木真人、大庭正俊

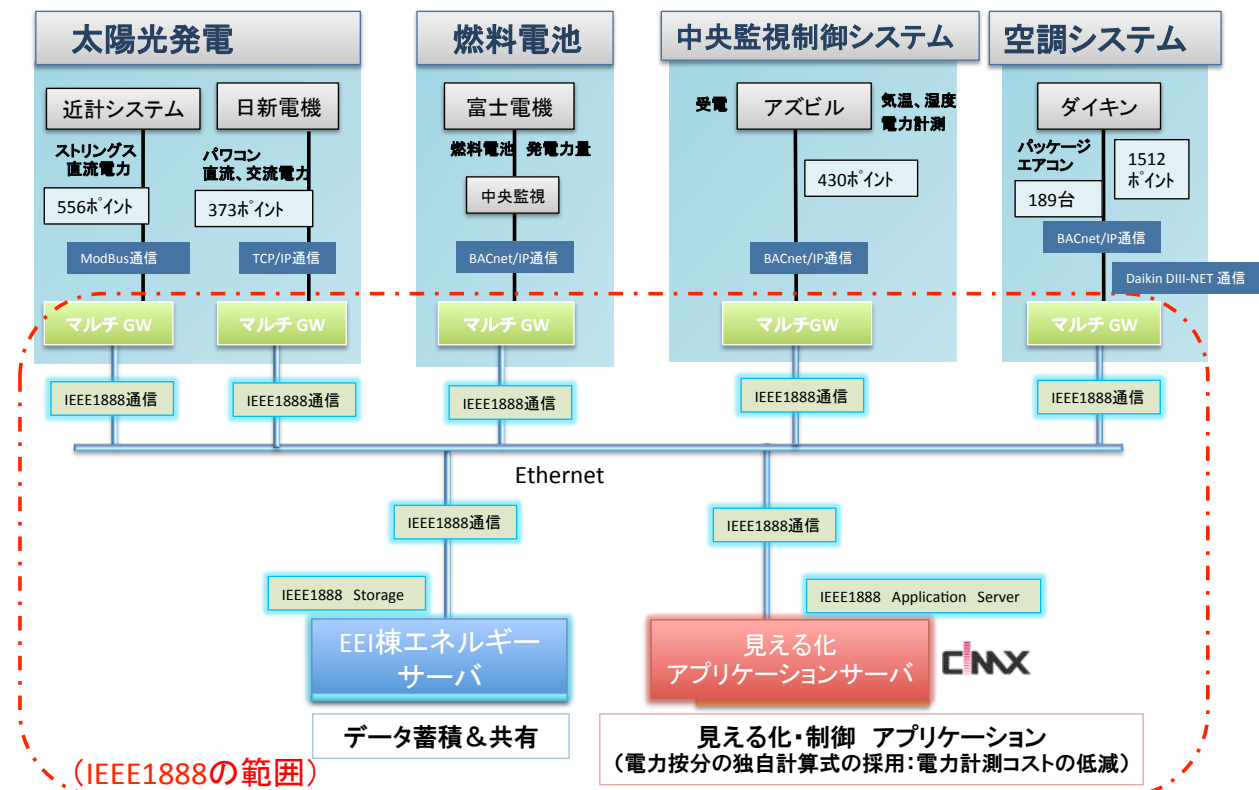
事務局: 東京工業大学研究推進部/ 遠藤美奈子、南雲修司

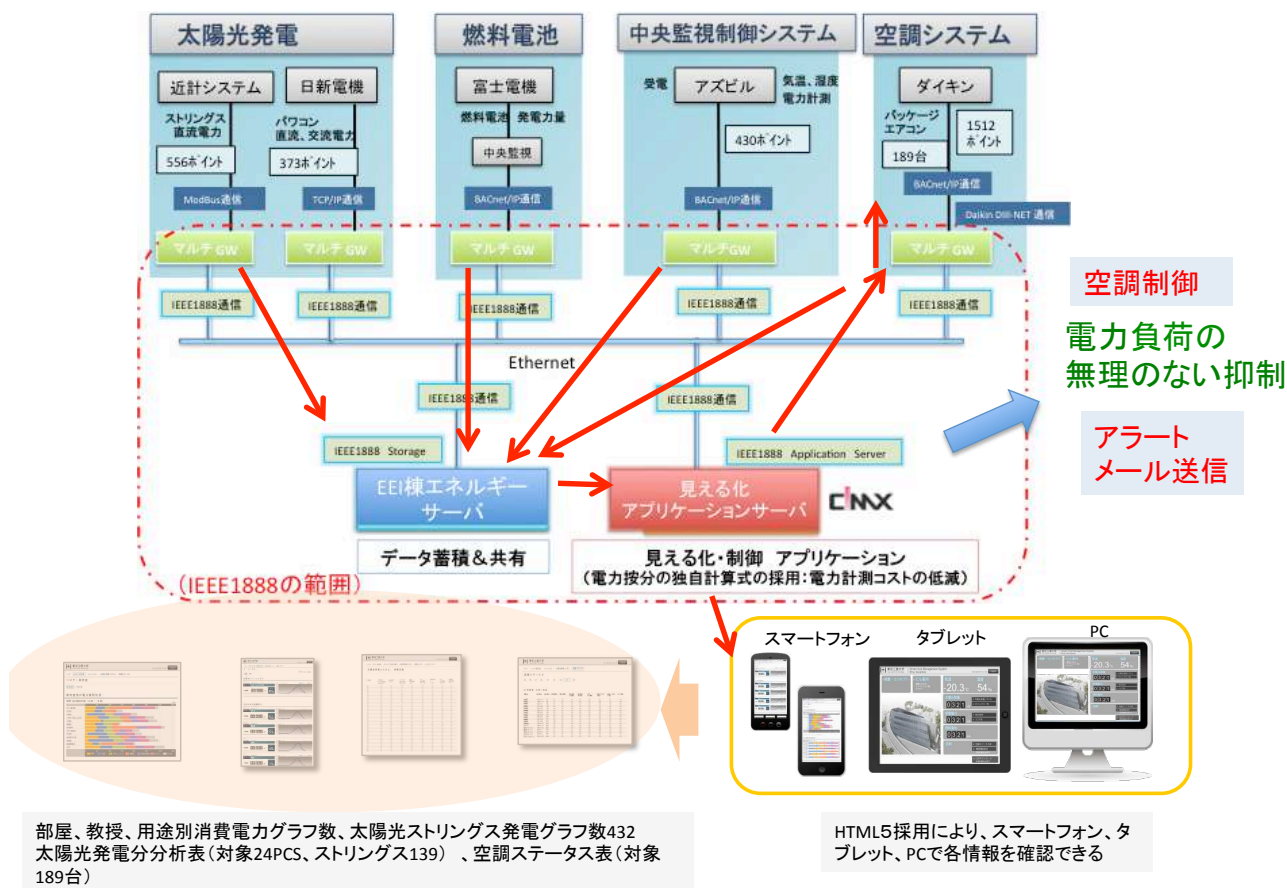
Ihara Laboratory  
伊原研究室



システム図

東工大  
NTT データCS



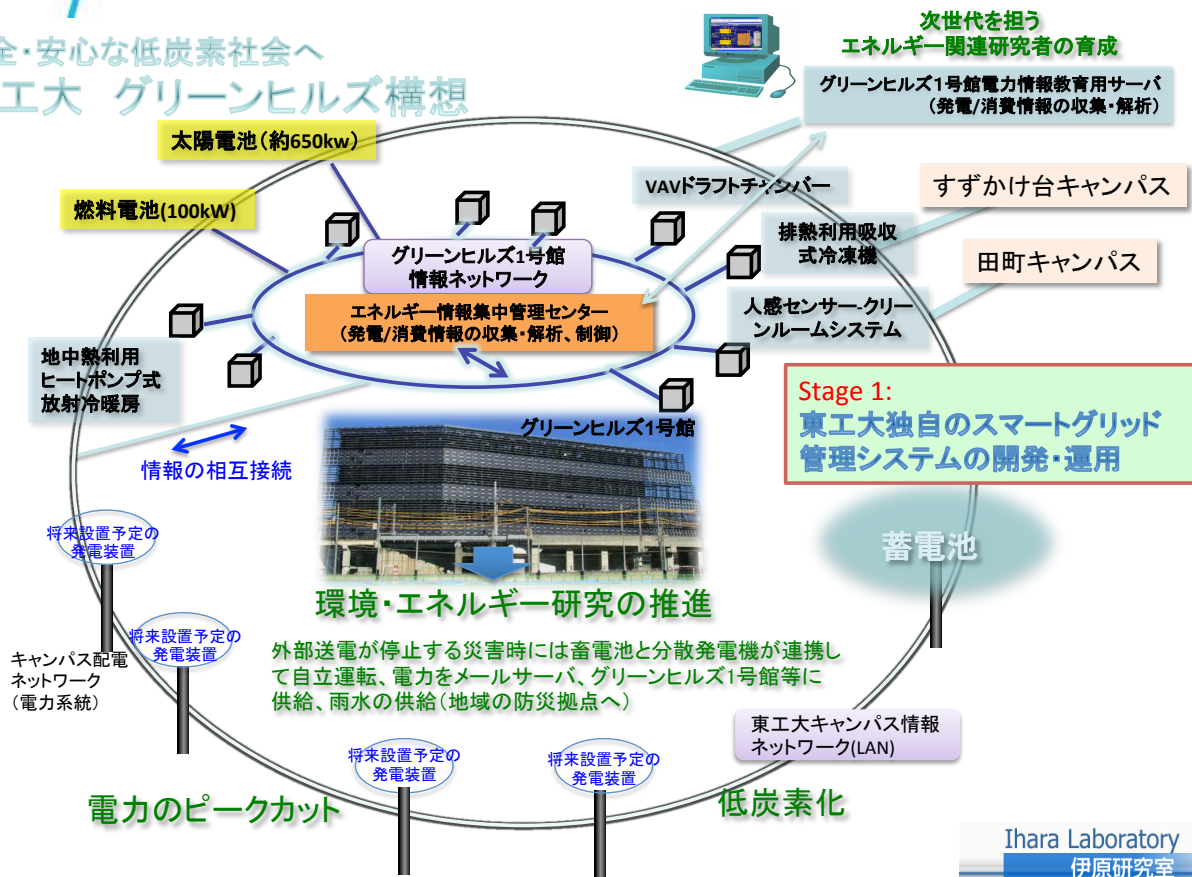


## Ene-Swallowの特長

1. IEEE1888に規格化するマルチゲートウェイを採用することで、BacNET/IP通信、TCP/IP通信、ModBus通信、DAIKIN DIII-NET通信などの異なるプロトコルを有するメーカーの機器を接続し、各データを集約取得することが可能である。
2. 権限を有する管理者は、TCP/IPによるインターネット経由で中央監視システムに接続が可能である。
3. 外調器 風量も考慮したドラフトチャンバー電力按分計算式などを採用するなど、各機器のシステム原理から導き出される独自の按分式を使って、詳細でより正確な電力按分をおこなうことが可能であり、電力計を最小限にでき低コスト化が実現できる。
4. 278ストリングスの内の半分のストリングス(139ストリングス)について、直流電流、直流電圧を計測し、PCSデータと比較可能し表示する機能を有している。
5. 空調の設定温度、計測温度、外気温度、受電量などから自動的に、かつユーザーに無理なく空調の負荷抑制をおこなう機能を有している
6. 空調の設定温度、計測温度、外気温度、受電量などが一定の条件を満たした場合、自動的にメール配信する機能を有している



安全・安心な低炭素社会へ  
東工大 グリーンヒルズ構想



東工大 グリーンヒルズ構想

ポイント:

1. 環境エネルギー研究の世界的拠点
2. 平常時は「低炭素化」、「電力のピークカット」に貢献  
(経済的メリットをうみだす)
3. 非常時は、「地域の防災拠点へ」



キャンパススマートグリッドの研究開発・構築

# 環境エネルギー機構



## Inter-Departmental Organization for Environment and Energy

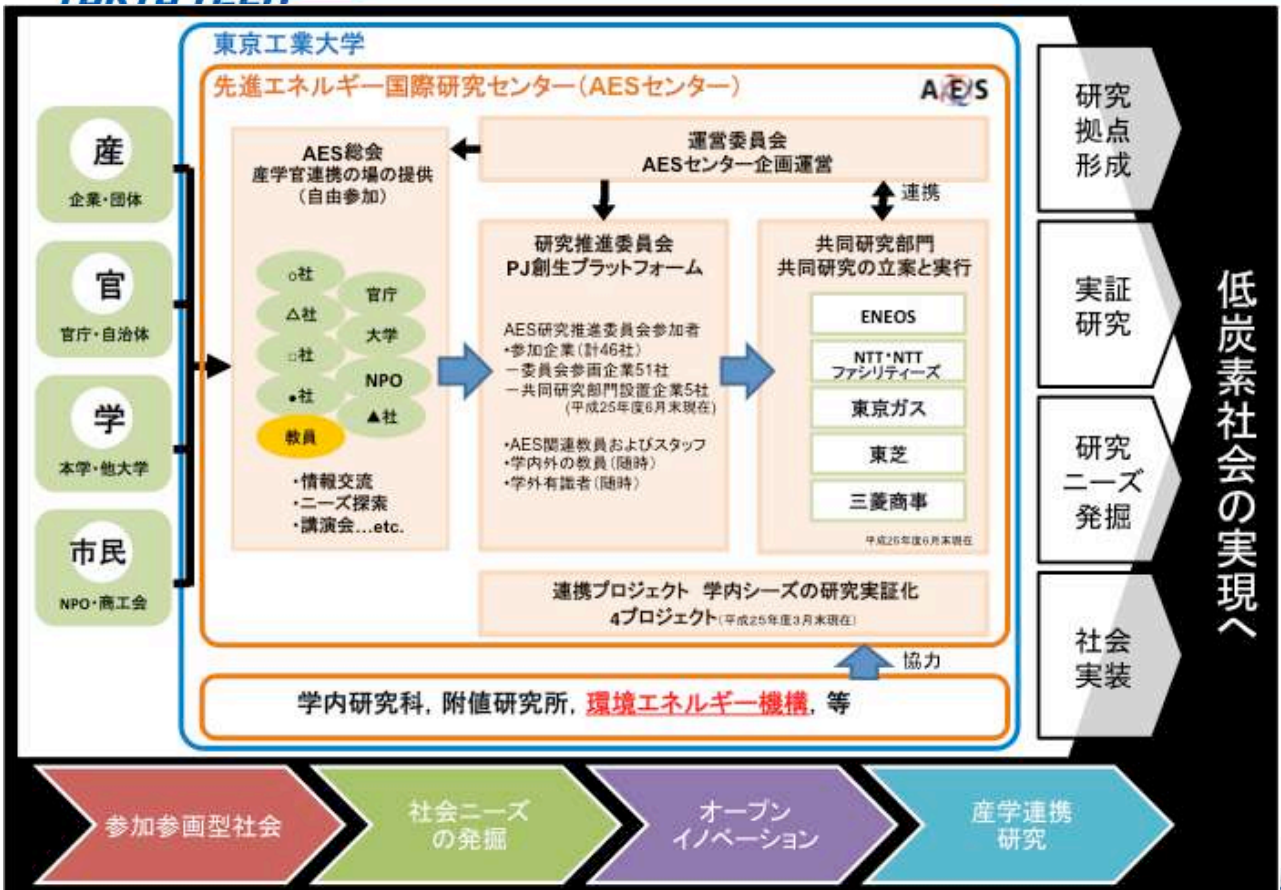
環境エネルギー機構は、東京工業大学におけるエネルギー分野と環境分野の教員による連合体として、組織及び教員の横断的連携・協力により、萌芽的な革新技術を創出するとともに、分化と深化によって複雑化したエネルギー・環境関連学術を融合、再構造化し、俯瞰と知識の有効活用を可能にする新たな学問領域を開拓することによって、将来のエネルギー・環境問題解決に寄与する技術開発と人材育成を強力に推進することを目的とします。



教員約230名の専攻横断型組織

環境エネルギー分野における融合研究の推進とともに、基礎となる“多元的エネルギー学理”の構築が重要に！

Ihara Laboratory 伊原研究室



東工大岡山キャンパス・スマートコミュニティ構想検討委員会名簿

◆委員長

平井 秀一郎 東京工業大学 教授

◆委員

中井 検裕 東京工業大学 教授  
 伊原 学 東京工業大学 准教授  
 中西 正彦 東京工業大学 助教  
 植田 譲 東京工業大学 助教  
 足立 晴彦 東京工業大学 特任教授  
 荒木 和路 東京工業大学 特任教授  
 大津 智 東京工業大学 特任教授  
 斎藤 健一郎 東京工業大学 特任教授  
 松本 吉彦 東京工業大学 特任教授  
 西條 美紀 東京工業大学 教授  
 鈴木 久雄 東京工業大学 施設運営部施設整備課長  
 安達 元英 東京工業大学 施設部施設安全企画課長  
 谷添 和久 東京工業大学 施設運営部施設総合企画課 専門職  
 河野 秀夫 大田区地域振興部 防災・危機管理担当部長  
 堀井 賢司 目黒区危機管理室防災課長  
 鈴木 誠 品川区防災まちづくり事業部防災課長  
 栗屋 謙一 大岡山地区まちづくり協議会  
 相川 英昭 大岡山北口商店街振興組合 理事長  
 東浦 亮典 東急電鉄株企画開発統括部長  
 近藤 武士 日建設計総合研究所 主任研究員

◆事務局

平井 利弘 東京工業大学 特任教授  
 小田 拓也 東京工業大学 准教授  
 内野 善之 東京工業大学 研究コーディネーター  
 小金丸 美奈 東京工業大学 研究コーディネーター

ワーキンググループ

・リーダー

・ 平井 利弘 東京工業大学

・サブリーダー

・ 内野 善之 東京工業大学

・委員

・ 辻本 昌弘 (株)NTTファンリティアーズ  
 ・ 木村佐知子 (株)NTTファシリティアーズ  
 ・ 渡邊 剛 (株)NTTファシリティアーズ  
 ・ 山崎 徹 川崎重工業  
 ・ 徳田 則昭 川崎重工業  
 ・ 多岐川 昇 川崎重工業  
 ・ 西留 卓郎 JX日鉱日石エネルギー(株)  
 ・ 星野 光男 JX日鉱日石エネルギー(株)  
 ・ 金森 聖一 JFEエンジニアリング(株)  
 ・ 塩満 徹 JFEエンジニアリング(株)  
 ・ 長峰 浩 JFEエンジニアリング(株)  
 ・ 橋 雅哉 清水建設(株)  
 ・ 小田島範幸 清水建設(株)  
 ・ 小暮 啓 (株)電通  
 ・ 飯塚 尚作 東京ガス(株)  
 ・ 山内 美穂 東京ガス(株)  
 ・ 尾崎 葉一 三菱電機(株)  
 ・ 日方 俊幸 三菱電機(株)  
 ・ 山田 正美 (株)ミライト  
 ・ 諸橋 由昭 (株)ミライト  
 ・ 石原 宗 (株)明電舎  
 ・ 高橋 健二 矢崎エナジーシステム(株)  
 ・ 大石 和広 矢崎エナジーシステム(株)  
 ・ 小金丸美奈 東京工業大学

Ihara Laboratory  
伊原研究室

次世代エネルギーシステムを持つキャンパスの構築  
そして、災害拠点への展開

--東工大 グリーンヒルズ構想の新たな展開--

環境エネルギー研究の世界的拠点  
“多元的エネルギー学理”の構築

1. 平常時は「低炭素化」、「電力のピークカット」に貢献

自然エネルギーの導入促進、高効率発電システムの導入促進、  
高効率なエネルギーシステム化

2. 非常時は、「地域の防災拠点へ」

地域との連携  
自治体との連携

キャンパススマートグリッドの研究開発・構築

将来のエネルギーシステム・都市像の提示  
東工大キャンパスがこれからの都市の一つのモデルへ

日本の“ものづくりの強み”が集約

Ihara Laboratory  
伊原研究室

END