

「ソーラー建築デザイン最新事例」

大野 二郎 *

はじめに

2003年の全世界のPVセル生産量は744.08MWp（因みに02年；561.77MWp, 01年；390.54MWp）に達しており，その中でも日本のPVセル生産量は363.91MW（因みに02年；251.07MW, 01年；171.22MW）で世界の48.9%を占めており，年々シェアを伸ばしている．また，2002年現在のPV導入量は世界全体で1327.7MW（01年；712MW）でありそのうち日本は636.8MW（01年；317MW）であり，世界の47.9%を占める世界有数の規模を誇っている．これらは，地球温暖化問題にたいする一般市民の関心の高まりや，PV業界全体の屋根一体型BIPVの開発努力及び価格低減努力，と共に政府の補助制度が下支えしたものと考えられている．わが国のBIPV化はヨーロッパ諸国に対して遅れを取っていたが，最近数年間で建築家の関心が急速に高まり，優れたデザインのBIPV事例が多く見られるようになった．その最新事例の一部をここに紹介する．

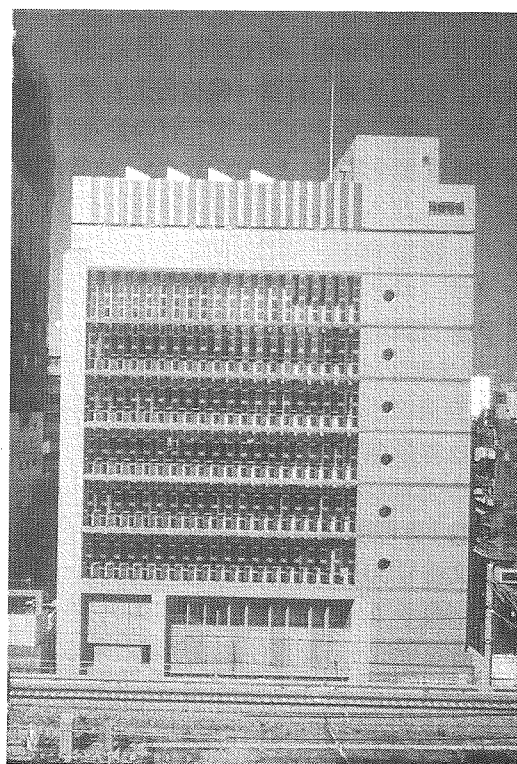
1. 海外事例

- ①ヨーロッパでの太陽光発電モジュールと建築デザインの動向（添付新建築1997.4参照）
- ②ソーラーモジュールと建築デザインの動向（添付新建築1998.7参照）

2. 国内事例

- 1) SBIC East (Shibuya-ku, Tokyo, 1998; Designed by NIHON SEKKEI INC.,)

投資育成ビルは，東京の副都心渋谷駅の新南口に建設された．JR山の手線に面した西面に半透光型PVモジュールを設置し，西日を遮蔽する縦ルーバーとしてわが国で初めて本格的にPV建築デザインとしての建築となった．施主は東京中小企業投資育成株式会社で，ベンチャー企業育成等を図る企業イ

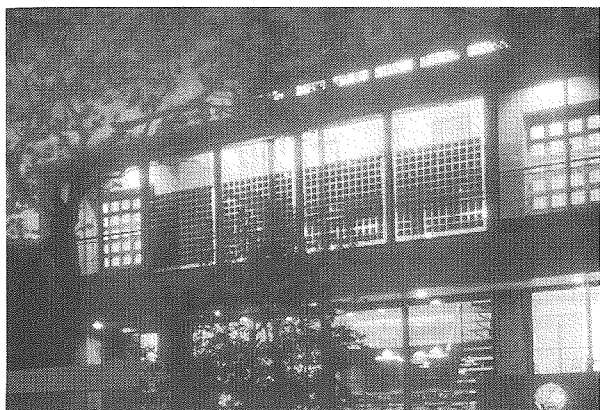


メージにマッチしたデザインを目指した．縦ルーバー・屋上目隠しファーリング・屋上パーゴラ・屋上標準型PVアレイ等，全体で29.7kWpの容量を持つ．さらに，自然採光と熱的な安定環境確保とコミュニケーションの場としてのアトリウム設置，バッファゾーンと談話スペースとしての外周廊下設置等の建築的な省エネ手法を導入している．

- 2) J-House (Shinjuku-ku, Tokyo, 2000; Designed by Jiro Ohno)

J-Houseは，私の自邸で，東京の中心新宿区の密集した住宅地にあり，残された庭の桜は40年前に母が植え地域に親しまれている．屋根材には金属板一体型4.2kWpのPVアレイ，窓にはダブルグレイ

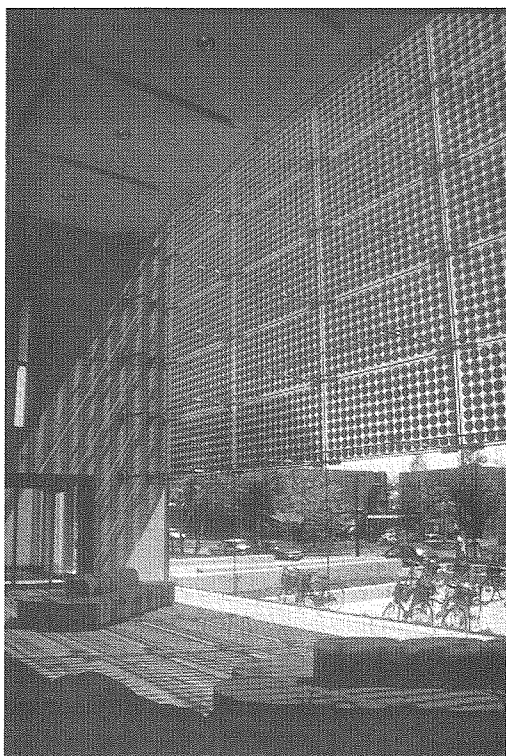
* (株)日本設計 第三建築設計群 副群長



ジグの0.7kWpの半透光型PVアレイを設置した。わが国のPV住宅では屋根導入が中心で、住宅デザインとしては十分ではない。そこで、外装デザインと共に、光と影、遮光性、夜間の照明デザインとしてのアレイ設置を試みた。居間は南北に大きな開口部を取り自然換気と内外一体の空間を計画した。吹き抜けの上部トップライトからは外光が降り注ぎ、自然換気の役目も果たす。また地中温度を利用し、外気を導入し室内に噴出すことで、冬は暖かく夏は涼しい快適な温度条件を作り出す手助けをしている。

3) Tsukuba OSL (Ibaragi Pref, 2000, Designed by NIHON SEKKEI)

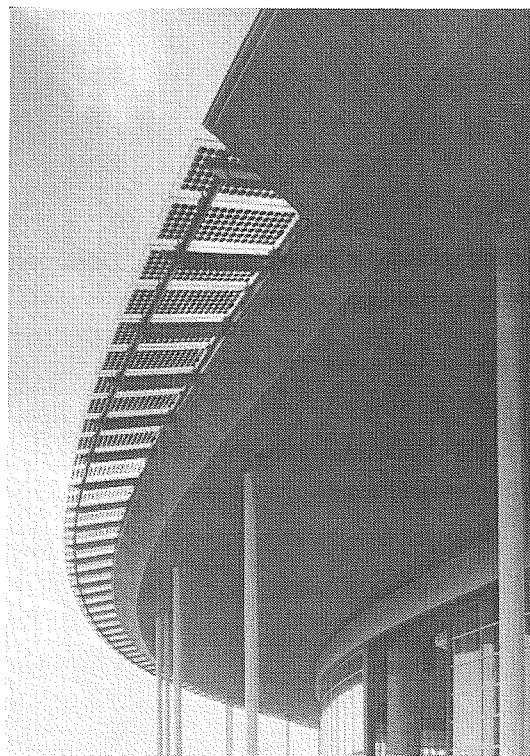
つくばOpen Space Laboratory (OSL) は、化



学系・生物系・物理系・バイオ系等の多様な研究ニーズに施設が対応出来る全く新しい概念の研究施設である。産業技術総合研究所 (AIST) は日本の太陽光発電研究の中心であり、見学者に注目される建築デザインを目指した。エントランスホールには、丸型セルを使用した半透光型PVアレイをワイヤーテンション構造で支持したガラスカーテンウォールを設置した。太陽光を70%遮蔽しながら発電し、ブラインド効果での省エネと、新しい建築表現の出来る外装材の開発を目指した。アトリウムには、開口率10%のアモルファス太陽電池を使ったスカイライトを採用した。シースルー効果、夏の暑さを遮蔽、グレア防止を兼ねながら十分な明るさを持っている。

4) Yamaguchi Dome, (Yamaguchi Pref., Designed by NIHON SEKKEI)

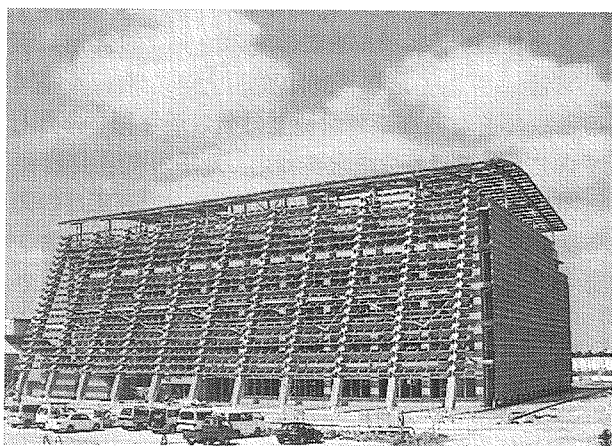
山口ドームは県内初の大型全天候型ドーム施設であり、野球・サッカーをはじめ、イベント・コンサート等多目的な利用を目的としている。最大の特徴はドームの周囲に巡らされた巨大な庇で、ドーム周囲にいわば縁側のような空間を生み出している。半透光型PVモジュールもこの庇の南側に約90mに渡って設置されており (30kW)、大きな曲線を描く庇と一体となりながら、地上に軟らかな影を落としている。このほか、雨水再利用、夏季の膜屋根散水、



内部正圧時に自動開放し、降雨・風速センサーにより自動閉鎖する自然換気窓、冬期、ドーム上部に溜まった暖気を吹き降ろすデリベントファン、ピット内を通った冷風を客席下に吹き出す装置等、様々な自然エネルギーの活用技術が試みられている。

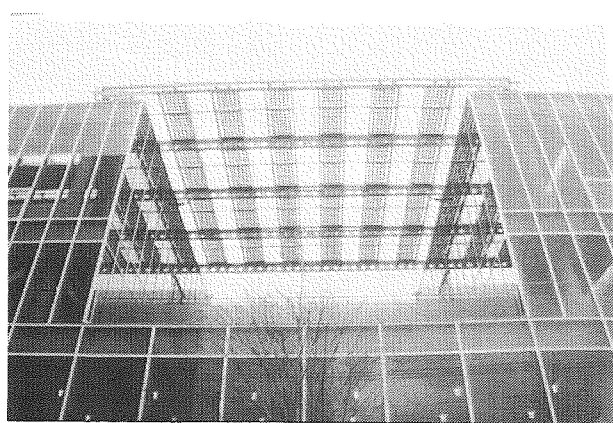
5) Itoman City Hall (Okinawa Pref.; Designed by NIHON SEKKEI)

沖縄県糸満市は亜熱帯地域に属し、伝統的な環境対応術「風水」の教えに基づいた建築計画とした。新しい市庁舎には、南面と屋根面に水平ルーバー、東西面にPCボイドパネル、北面に縦ルーバーを設置し、方位毎の日射特性に対する有効な遮光通風手段として採用した。沖縄は毎年巨大台風の襲来と潮風対策として、PC板に両面強化ガラスのPVモジュールを採用した。太陽光発電の総出力は195kWpであり、冷房負荷を削減するルーバーとの複合化(BIPV)により複合的な省エネルギー効果を発揮している。このPV遮光ルーバーが作り出す巨大な軒下空間「アマハジ(雨端)」は環境共生庁舎の象徴でもあり、地域住民の憩いの場となっている。



6) Welfare Building of Rohm (Kyoto; Designed by TAKENAKA Co.)

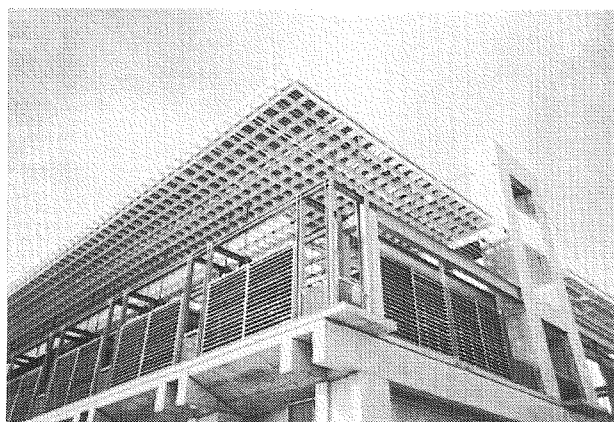
半導体製作企業として有名なローム京都工場の福利厚生棟で、ガラスを外装材に使った軽快で透明感のある美しい建築である。カフェテリア・売店・会議室・厚生事務室等から構成され、休憩時間のコミュニケーションスペースとなっている。中庭上部に半透光型PVアレイの可動式トップライトが設置されており、夏は日陰を作り、気候の良い時は開放し、降雨時は雨センサーにより自動的に雨よけとなり、自然に優しい快適な半屋外アトリウム形成に成功している。屋根全体が可動のPVアトリウムは、多機能建築部材としての空間利用を広げ、世界的に見て



も珍しい有効な利用方法であり今後建築デザインとしても進めて行きたい。

7) Aizuwakamatsu Support Centre (Fukushima Pref., Designed by Architect Furuya)

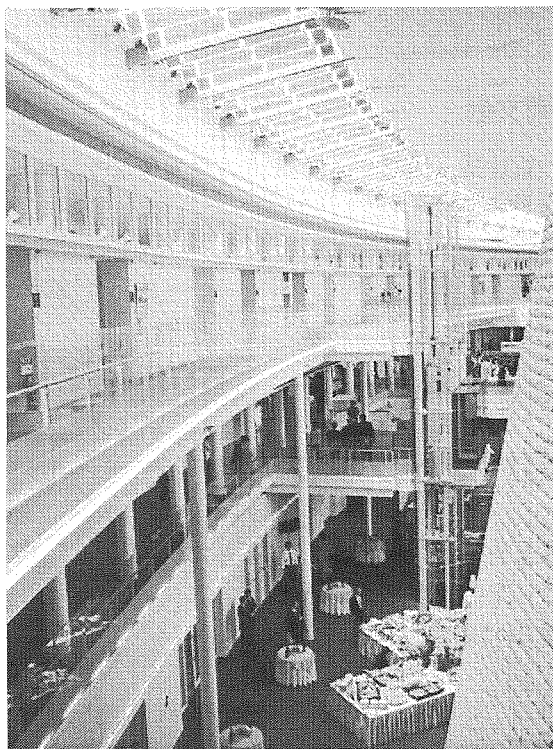
福島県会津若松技術支援センターは、地域の発酵技術、食品技術、産業支援の為に技術センターである。福島県は、太陽光発電導入を地球環境問題に対する自然エネルギー利用の重点モデル事業として導入を決定した。外装デザインは、コンクリート打ち放し仕上に木ルーバーと鉄骨で構成され、屋根及び庇に半透光型PVアレイを全面的に設置することで、地域に開かれた明るい技術支援センターとなっている。屋根周囲の半透光型PVシステムの出力は74.3kWpで、屋根中心部の標準型PVシステムは、南向き20度の傾きを持ちで出力75.7kWpであり、全体総出力は150kWpである。屋根全体をBIPV化しなお且つ、地上から見上げると軽快で美しい建築デザインが実現している。



8) IGES (Hayama-machi, Kanagawa Pref. NIKKEN SEKKEI)

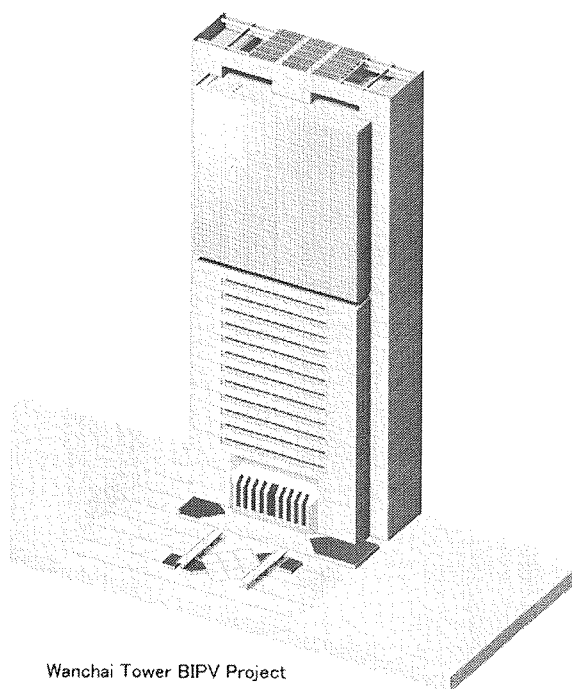
IGES (Institute for Global Environmental Strategies) は地球環境問題について戦略的な研究

を行う研究機関である。富士山と相模湾を見渡せる良好な敷地に、環境親和型建築のプロトタイプを目指して設計された。湾曲したアトリウムのスカイライトの内側にPVルーバーが設置されている。日照量を調整し室温の変動を抑える機構となっており、特殊可動軽量PVモジュールが開発された。日中は太陽光・風力発電とコージェネレーションシステムと電力貯蔵装置により、夜間は安価な夜間電力と燃料電池と電力貯蔵装置により、効率的にエネルギー消費を賄う計画となっている。



9) Wanchai Tower (Hong Kong; Retrofit Designed by HIHON SEKKEI)

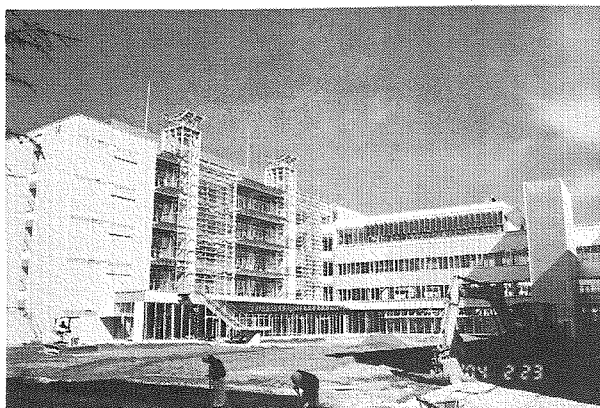
Wanchai Tower (47階建) BIPV化計画は、香港政府が自然エネルギー利用の重要性を一般市民にアピールするためにPV設置 (56kWp) を決定した。1階から12階までの事務室の窓先に半透光型Sun Shade LouverをMPG支持で軽快に設置する。亜熱帯の強烈な日射遮蔽と視界確保及び既存ビルとのデザイン的な調和を考慮した。エントランスのスカイライトの反射ガラスは半透光型PVアレイに入れ替え、香港市民に太陽光発電を身近に実際に経験できるようにした。香港では超高層ビルによる影の評価が重要で、真夏は北から太陽光線が当たる事に注意しなければならない。完成後1年間のデータ解析をする予定であり、周囲にある高層ビルの反射ガ



ラスの影響がどの程度あるか注目される。

10) 14th Building of Hunabashi Campus, (Chiba Pref.; Designed by NIHON SEKKEI)

日本大学理工学部船橋校舎14号棟は、一般教室・大学院教室・製図室等から構成され、2004年2月完成予定である。校舎の南面に水平PVルーバー、西面に縦型PVルーバーを設置し、遮光発電複合建材 (12kWp) であると共に、キャンパスは地域の避難広場に指定されており非常時電源としても利用される。構造安全性の高いトグル免震の導入、都市温暖化対策としての屋上植栽、都市上水不足対策の雨水再利用、空調負荷低減のための地中熱利用、ソーラーチムニーによる自然換気導入等、環境に優しい建築デザインをテーマとした。学生が日常生活



するキャンパスに、新しい技術によるソーラー建築を建設する事は、地球環境保護に対する教育効果が高いと考え提案した。

まとめ

以上のようにわが国の新しいPV建築デザイン導入事例は飛躍的に増大している。今後政府は2010年度には4820MWpの導入を目標としており、PV産業界も自立的な産業構造への飛躍に向けて努力を続けている。我々日本の建築家は、導入量を増やすのみでなく、BIPVを当然使用しながら、遮光・断熱・省エネ・新デザイン等を含んだ全体的複合的な建築デザインを目指さなければならない。さらに、個別BIPV建築デザインを超えて、地域分散エネルギー源としてのPV大量導入化に向けて、都市環境を考慮した街づくりに向かうPVコミュニティー形成が最重要課題である。わが国としては、PV地域大量導入に向けた国際的な活動であるIEA/PVPS/TASK10への積極的な参加が期待される。さらにBuildingからCommunity、そしてMarketへ、既

にわが国はその最前線に立っている。一方ドイツではEEG法（再生可能エネルギー促進法）が施工され、今年1月から、太陽光発電の買取価格は、標準PV型で45.7cent/kWh（約60円）、PV屋根で57.4cent/kWh（約75円）、ファサードPVで62.4cent/kWh（約80円）に先行して増額され、通常の電力料金16cent/kWh（約21円）の3～4倍の買い取り価格が設定されている。買取価格の値上設定により飛躍的にPV導入量が伸びており、日本を追い抜くのは時間の問題だといわれている。日本でも市民の環境意識の高まりと、PV業界の製品と価格の努力、のみでなく、自然エネルギー導入促進するための社会システムの構築が急務である。

参考文献

- 1) 新建築, 1998年7月号. 「太陽光発電モジュールと建築デザイン」
- 2) 新建築, 1997年4月号. 「ソーラーモジュールと建築デザイン動向」

新太陽エネルギー利用ハンドブック

自然エネルギー利用に関する21世紀の地球温暖化時代を先取りする基本図書
太陽エネルギーのことならこの一冊ですべてがわかる
—基礎原理・資料から実用技術まで—

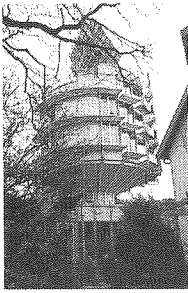
- 主な内容● A4版 上製本ケース入り
- 太陽・地球・環境
 - 太陽エネルギーの直接利用技術
 - 太陽エネルギーの間接利用技術
 - 太陽エネルギーシステムの設計・実用例

編集：日本太陽エネルギー学会 新太陽エネルギー利用ハンドブック編集委員会
定価(税込)：26,250円 会員価格(税込) 21,000円 荷造り送料 600円

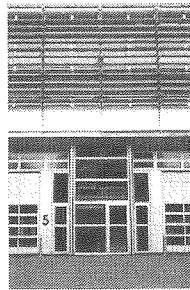
目次・執筆者はホームページをご覧ください。

問い合わせ・申込先：日本太陽エネルギー学会
〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-44-14
電話 03-3376-6015 FAX 03-3376-6720
E-mail :jses@tky.3web.ne.jp
URL:<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jses/index.html>

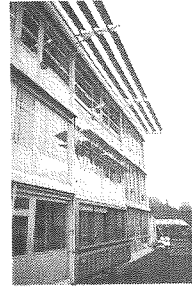
ヨーロッパでの太陽光発電モジュールと建築デザインの動向



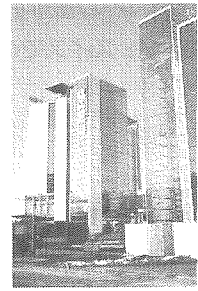
Heliotrop
(Merzhausen, Freiburg)
屋上に2軸自動追尾装置つきPVモジュールが設置されている。建物も別に回転し冬は開口部が常に太陽に向き、夏は背中を向けるプログラムになっている。



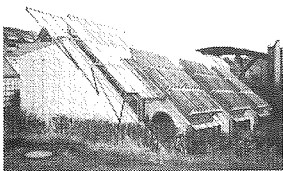
Gaswerkareal (Winterthur)
建物全面に採用された水平ガラスルーバーモジュールは裏面を半透明樹脂フィルムとしたフレームレスガラスのもち出し型DPG支持で、油圧制御により傾斜角を可変できる構造になっている。



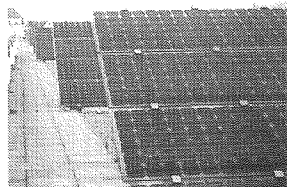
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Lausanne)
ローザンヌ工科大学の太陽エネルギーおよび建材化実験棟で、学内の建物を使ってモジュールおよびシステムの実証試験を行っている。またモジュールの展示デモサイトがあり、各メーカーのデザイン展示および発電性能試験を続けている。



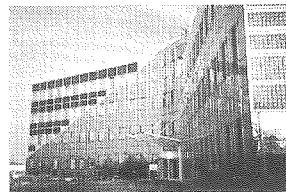
EMPA (St. Gallen)
EMPAはテオ・ホッツ設計によるスイスの材料試験センターで、テクノロジーを美しく表現したデザインとなっている。PVモジュールは裏面を半透明樹脂フィルムで保護したフレームレスガラスのもち出し型DPGで支持されている。



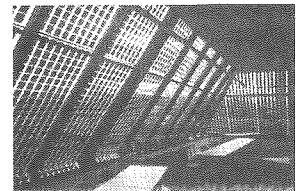
International Garden Exhibition
(Katharine str., Stuttgart)
3連住戸の45度に傾斜したウインターガーデンの外側に軸回転し太陽を追尾するアルファシリコン遮光ルーバーが設置されている。



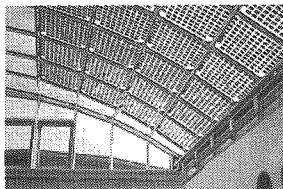
Wissenschaftspark
(Munscheid str., Stuttgart)
自然エネルギー利用のウインターガーデンが特徴的なサイエンスパークとして1995年に完成した。その屋上にフレームレス合わせガラスの光格子モジュール (1,521m², 210kWp) が設置されている。



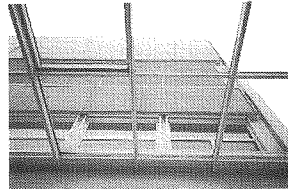
Gruppe Peiniger
(Landwehr, Gelsenkirchen)
3方向にウイングが出ている平面形をしているため、自分の建物の影がモジュールにかかることになり、日照に合わせてモジュールを設置している。



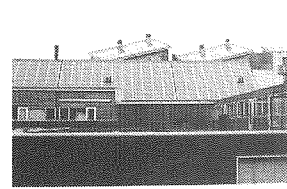
HASTRA (Hannover)
ドイツでは小さなガラスメーカーが多く、その協会事務所である。傾斜したモジュールは全体が光格子となっていて、会議室に光と影の空間を生み出した新しい使い方として注目される。



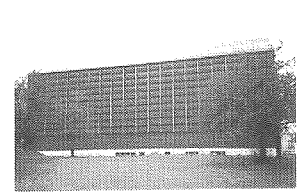
Technical University München
(Garching München)
センターモジュールがアトリウムとなっており、そのR状の南面にデザイン的に考えられた二重ガラスの光格子PVモジュール (18.8kWp) が設置されている。PVモジュールが遮光ルーバーの役目を果たし、なおかつ光と影がアトリウムに落ちて空間的变化としても好ましい。



Genossenschaft Migros
(Winterthur)
東北スイス電力会社が設置 (552m², 66.0kWp) したもので、デザイン的にも納まり的にもよく考えられており、控えて好感のもてる建築デザインとなっている。



Nieuw Sloten (Amsterdam)
電力会社 (ENW) は、広範囲な公営分譲住宅団地の太陽光モジュールを設置した屋根を保有し、太陽光発電によるネットワーク (71軒, 2,150m², 250kWp) づくりに着手した。



WASAG (Oberentfelden)
省エネと自然エネルギー利用を徹底的に行った工場および事務所である。南面にトロンプ壁を取りつけたパッシブシステムを採用し、その外側にはフレームレスPVモジュールを設置してデザイン的な処理をしている。

ソーラーモジュールと建築デザインの動向

(ドイツ・スイスでの事例)

大野二郎

最近の住宅ではソーラー発電パネル(Photovoltaic Module PVモジュール)を屋根に設置している例が増えてきた。これは社会全体が、地球環境に優しいサステナブルな意識に目を向け始めた動向のひとつと考えられる。コスト低下の努力と補助金制度および電力会社との系統連係の導入によって、各メーカーも競って開発を進め始めている。しかし、住宅以外の公共施設やオフィスでは発電効果やデザイン面での制約から本格的に導入された例は少ない。カーテンウォール、アトリウム、庇などの建築外装材からエネルギーが取り出せ、それがデザインに生かされるとしたら、なかなか魅力的な外装材になる可能性を孕んでいる。そこで早くからソーラー発電パネルを積極的に設置している。ドイツおよびスイスでの事例を新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)の委託で(財)エンジニアリ

ング振興協会の「太陽エネルギー建築デザインおよびコンストラクション調査研究(SEADAC)」委員会として調査してきたので紹介したい。

①Kindergarten (Kita Griesheim-Nord, Frankfurt)

フランクフルト郊外の林に囲まれたフンク&シュレーダー設計の幼稚園/学童保育園。建物は2階建てで、3つの教室ユニットとリニアなサービス部門、および三角形のウィンターガーデン/廊下兼用アクティビティゾーンから構成されている。PVモジュールはブルーの結晶系太陽電池セルで45度に傾斜したガラス屋根の外側に設置されており、合わせガラスのフレームレスタイプでセルの間に透かした光格子のデザインを試みており成功している。アトリウムは必ずしも全面ガラスである必要はなく、特に日本のように夏の熱気対策が問題になるような地域ではPVモジュールが遮光ルーバーの役目を果たし、なおかつ光と影がアトリウムに落ちて空間の変化としても好ましい。

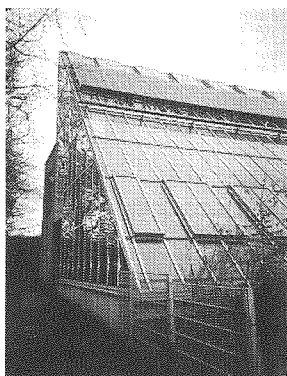
②Heliotrop (Merzhausen, Freiburg)

シュヴァルツヴァルトに続くフライブルク郊外の自然の豊かな丘陵地にある住宅地で、南側はブドウ畑が広がっている。ロルフディッシュ設計で、建物の屋上に2

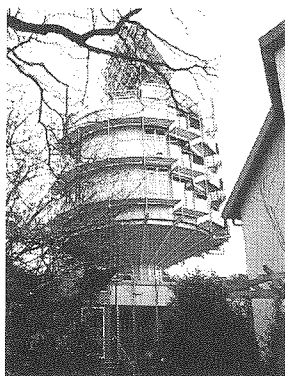
軸自動太陽追尾装置つきPVモジュールが設置されており、建物も別に回転して太陽を追尾し、冬は開口部が常に太陽の方角を向き、夏は背中を向けるようにプログラムされている。モジュール面積は54m²で総出力6.6KW、ブルーの単結晶シリコンのフレームレス規格品モジュールを採用している。この建物は、北側の断熱材は30cm(K値:0.5)で太陽光発電と真空管集熱装置だけでエネルギーをまかなっているそうである。ドイツでは今後建設される住宅のエネルギー使用量は100KWH(1.8MJ)/Ym²以下(従来の半分)にするように義務づけられており、Heliotropでは25KWH/Ym²だそうである。雨水の再利用、コンポストトレイの導入、水溶性塗料の使用、ビオトープの設置など、環境に優しい建物計画を徹底的に導入している。

③EMPA (St. Gallen)

ボーデン湖の南に位置する小高い丘に囲まれたザンクトガレンは、レースなどの繊維工業が栄えた東スイスの中心の街で、古い静かな佇まいを今に保っている。EMPAはスイスの材料試験センターで、塔状の事務棟と水平線を強調した実験棟のバランスがよく、テクノロジーを美しく表現した気持ちのよいデザインでテオ



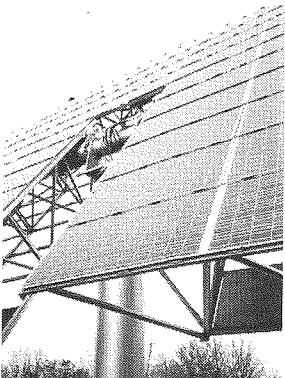
モジュールがウィンターガーデンの外に取り付けられている(Kindergarten)



太陽を追尾してモジュールと住宅が別々に回転する(Heliotrop)



ウィンターガーデンの内部、セルの周囲が光格子となっている(Kindergarten)



2軸自動太陽追尾装置つきソーラーモジュール(Heliotrop)



塔状の事務棟と実験棟でテクノロジーを美しく表現している(EMPA)

ホッツの設計により1996年に竣工した。事務棟のPVモジュールは、裏面を半透明樹脂フィルムで保護したフレームレスガラスの持ち出し型DPG支持で、傾斜角75度で外壁から離して取り付けられている。実験棟は窓の腰の部分に、同じ構造の半透明モジュールをDPGで垂直に取り付けられている。総出力は49KWで、日影の影響をコントロールするため14システムに分割されている。年間発電計画値は37万KWH/Y、太陽電池寄与率は4%、休日は全量まかない、残りは電力会社に逆潮送電している。また窓先に設置されている日除けオーニングは、モジュールに影が当たらないようにコントロールされている。スイスではエネルギー2000という政策があり2000年までに1GWの太陽光発電システムの設置を目標としている。わが国でも貴重なエネルギー源を有効に長く使っていくための政策の合意と知恵の実行が大切であろう。

④ Gaswerkareal (Winterthur)

チューリッヒの北東約25kmにあるヴィンタートゥアは、重工業や繊維産業の盛んな商工業都市である。その街のガス供給会社の工場および事務所の建物である。EMPAと同じテオホッツによる設計で、窓先に軽やかな採光型モジュールの水平ガラスルーバーが全面に採用されている。

この水平モジュールは裏面を半透明樹脂フィルムとしたフレームレスガラスの持ち出し型DPG支持で、水平から90度まで油圧制御により傾斜角を最適角度に可変できる構造になっている。計画に当たっては周辺建物および自分の建物の季節別日影を分析し、もっとも運用効率のよい7システムに分割している。このようなルーバーやブラインドなどの日射を遮る装置は太陽光発電を組み込む部位としては最適であると同時に、外壁としての性能から開放されるため自由なデザインの可能性を秘めている。

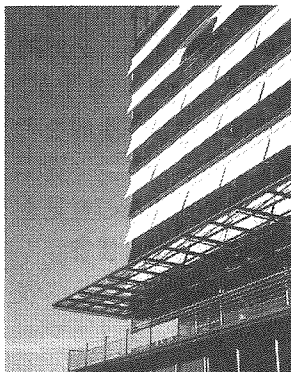
⑤ ÖKOTEC (Kreuzberg, Berlin)

棟高をそろえた連続的な建物が並んでいるクロイツベルグ地区の一角に、花崗岩と全面ガラスカーテンウォールで町並みデザインとの調和を考慮した、シューラーヤンツェン設計のエコテックビルがある。PVモジュールは窓の腰の部分にパッチワーク的に採用され、白安全ガラスt4+セル+安全ガラスt10の構成の合わせガラスタイプで、裏にブルーのシルク印刷でカラーリングしてありデザイン的な主題になっている。モジュールは外壁から離れた上下4点で支持され、ジャンクションボックスを円形の太陽に見立て動線部分を放射状にデザインした細工がなされている。

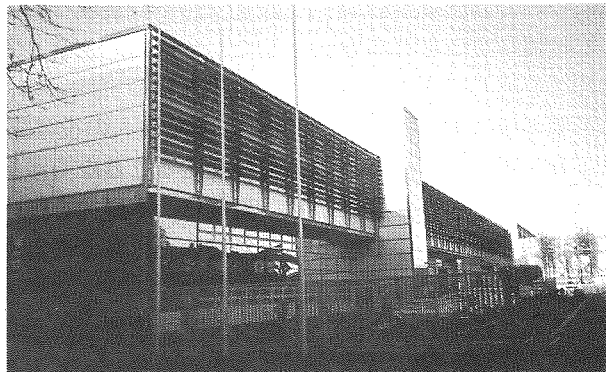
□

今回の調査で感じたことは、自然エネルギーの導入、とりわけ太陽光発電の建築への設置促進のためには、まず今ある技術で使えるところから美しいデザインのPVモジュールを建築デザイナーの手で実際に作り出すことが早道であり、それが可能であること、そして建築デザイナーの感性が新たな技術開発の要請を生み出すことである。サステナブルなデザインとして建築家が率先してこの魅力的なソーラーモジュールの設計をし、施主の理解を求めることがドイツやスイスの建築家の例を挙げるまでもなく、今われわれにとって社会的に重要な役割となっている。外国産石材の使用や透明感のあるカーテンウォールや浮遊感のある構造と共に、われわれ建築家にとってソーラーモジュールは、地球環境を考えた社会的意味をもち、しかも新しいデザイン展開の可能性を秘めた絶好な機会を獲得できる時期にきていると思われる。

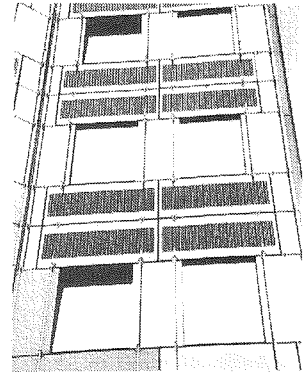
おおの・じろう／1948年福島県生まれ／1972年日本大学理工学部建築学科卒業／1974年同大学院修士課程終了後、日本設計事務所入社／現在、日本設計第三建築設計群主管、日本建築家協会関東甲信越支部常任理事、エンジニアリング振興協会委員



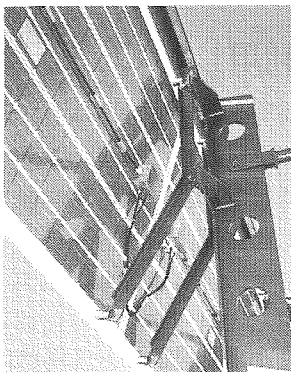
事務棟オーニング窓下に設置された75度の傾斜角をもつモジュール(EMPA)。



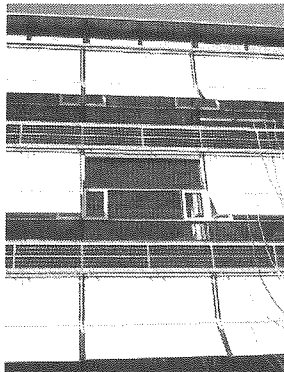
窓外部の可動式水平ソーラーモジュール(Gaswerkareal)。



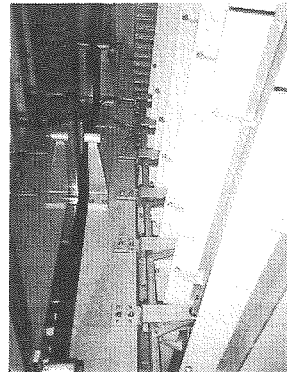
窓下にモジュールがパッチワークされている(ÖKOTEC)。



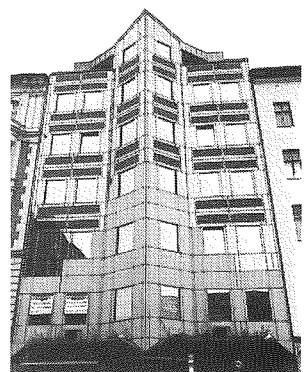
屋上のソーラーモジュール取付け詳細(EMPA)。



実験棟の窓回りソーラーモジュールとオーニング(EMPA)。



ソーラーモジュールの可動機構(Gaswerkareal)。



導線もデザインされたモジュールは上下4点支持(ÖKOTEC)。