

第2章 太陽光発電設備の概要

第1節 太陽光発電の原理

1 シリコン原子（ケイ素：Si）、シリコン分子の構造

太陽電池の代表的な材料であるシリコンには、電子が14個あり、最も外側の軌道を回っている電子（最外殻電子）が4個ある（図2-1参照）。分子は最外殻を共有して結合する（図2-2参照）。

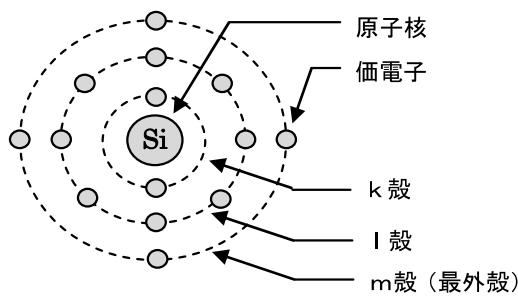


図2-1 シリコン原子の構造

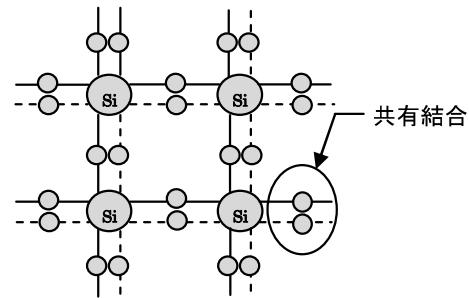


図2-2 シリコン分子の構造

2 n型半導体とp型半導体

太陽電池は、n型半導体とp型半導体をつなぎ合わせた構造をしている。

n型半導体は、シリコン原子1個をリン原子1個に置き換えたものである。リン原子の最外殻電子は5個であるため、自由に動き回れる電子が1個存在する（図2-3参照）。

p型半導体は、シリコン原子1個をホウ素原子に置き換えたものである。ホウ素原子の最外殻電子は3個であるため、電子が1個不足する（図2-4参照）。

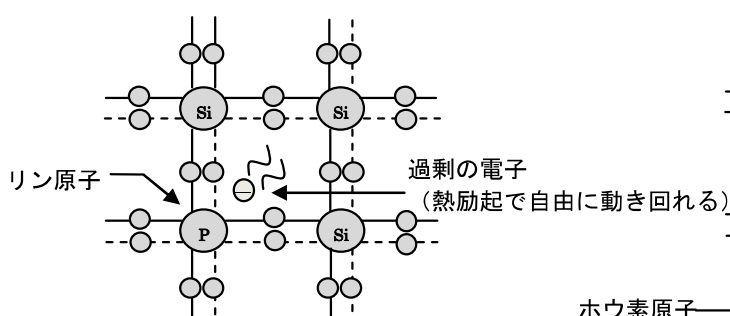


図2-3 n型半導体

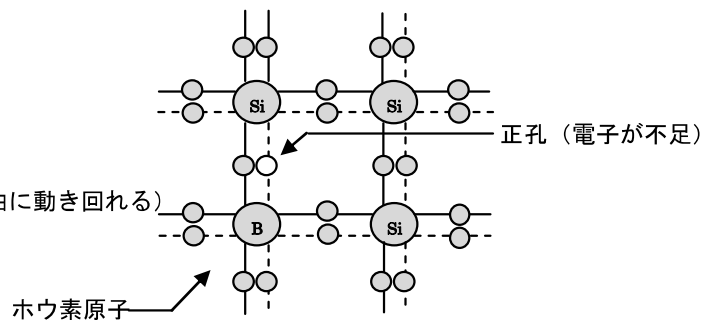


図2-4 p型半導体

3 発電原理（図2-5参照）

- ① 太陽電池に光が当たると、その光が太陽電池の中に吸収され、n型とp型の境界部分で正孔と電子が発生する。
- ② 電子はn型半導体のほうへ、正孔はp型半導体のほうへ集まる。
- ③ 電極と負荷を接続することにより、電子が移動し、電流が流れる。

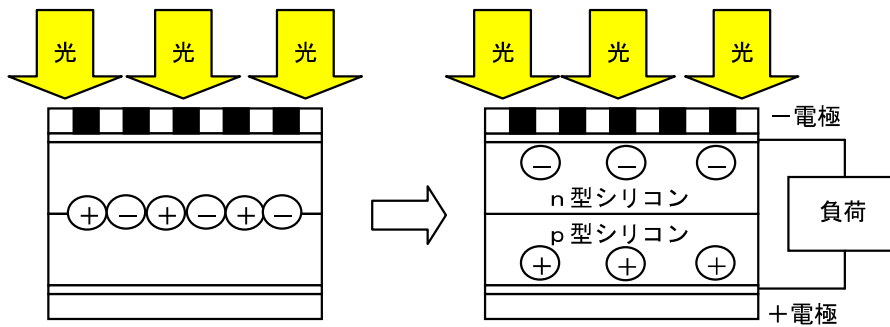


図2-5 発電原理

第2節 太陽光発電設備の種類及び構造等

1 太陽光発電設備のシステム構成（図2-6、図2-7参照）

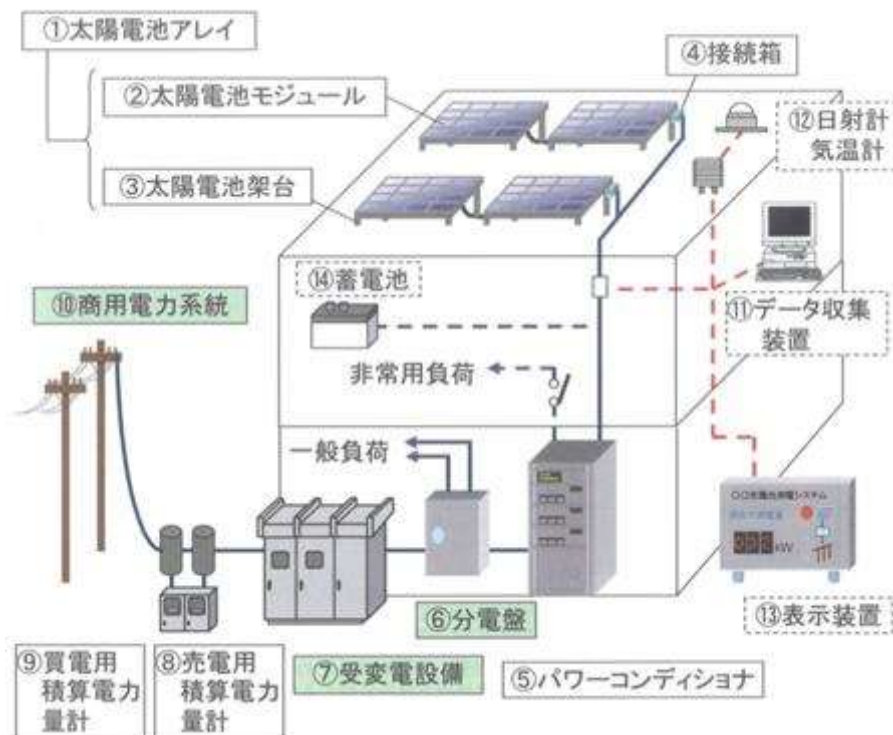


図2-6 公共・産業用システム構成例

出典)一般社団法人 太陽光発電協会“太陽光発電システム手引書”

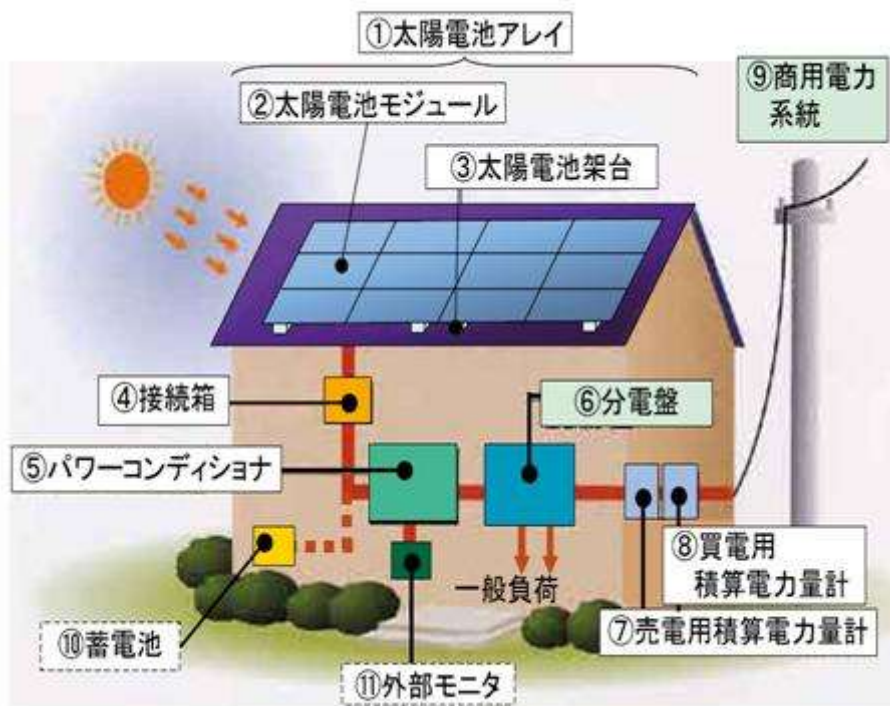


図 2-7 住宅用システム構成例

出典)一般社団法人太陽光発電協会“太陽光発電システム手引書”

(1) パワーコンディショナー (以下「パワコン」という。)

PVモジュールが発生させる直流電力を最大限引き出すように制御するとともに、交流電力に変換する。また、電力系統やパワコンに異常があったときには、商用電力系統との連系を速やかに遮断する機能を持つ (写真 2-1、写真 2-2 参照)。



写真 2-1 パワコン (屋外)



写真 2-2 パワコン (屋内)

(2) 接続箱

ブロックごとに接続されたPVモジュールからの配線を一つにまとめるためのボックス。PVモジュールの周辺に設置されることが多いが、パワコンと一体になっているタイプもある（写真2-3、写真2-4参照）。



写真2-3 接続箱（PVモジュール下）



写真2-4 接続箱（PVモジュール横）

(3) 積算電力量計

電力会社の電力を使う買電量、電力会社へ電力を売る（逆潮流）売電量を測定するための電力量計（写真2-5参照）。

(4) 蓄電池

昼間PVモジュールで発電した電力を蓄え夜間使用したい場合や、災害で電力系統が停電した場合等に使用する（写真2-6参照）。



写真2-5 買電・売電用積算電力量計



写真2-6 蓄電池

2 PVモジュールの種類

PVモジュールの種類は数多く存在するが、現在市場に流通しているPVモジュールは、「結晶系」、「薄膜系」、「CIS系」の3つのタイプに分類される。

(1) 結晶系PVモジュール

ア 単結晶型

シリコンの原子が規則正しく配列した構造をしており、単位面積当たりの発電量が多い。しかし、高純度シリコンを多く使用することから、生産に必要なエネルギーが多く、費用が高くなる（写真2-7参照）。

イ 多結晶型

単結晶シリコンが多数集まってできており、単結晶に比べ変換効率は低いが高価に製造することができる（写真2-8参照）。



写真2-7 単結晶型



写真2-8 多結晶型

(2) 薄膜系PVモジュール

シリコン原子が不規則に集まった構造をしており、厚みを薄くすることで、使用原料、生産に要するエネルギー、費用などの削減を図っている。大面積で量産ができる特徴がある反面、結晶系に比べ発電効率が低い（写真2-9参照）。



写真2-9 薄膜系

(3) CIS系PVモジュール

光吸収層のシリコンの代わりに、銅（Cu）、インジウム（In）、セレン（Se）の3つの元素を主成分としている。製造法や材料のバリエーションが豊富で、安価品から高性能品まで対応できるのが特徴である（写真2-10参照）。

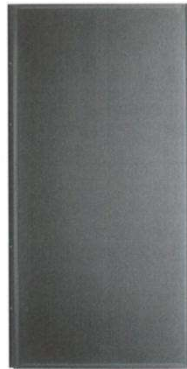


写真2-10 CIS系

3 PVモジュールの構造

基本的なPVモジュールの構造は図2-8のとおりである。受光面のカバーガラスと裏面の耐候性フィルムにより、電極、発電層、充填材を挟み込む構造をしている。

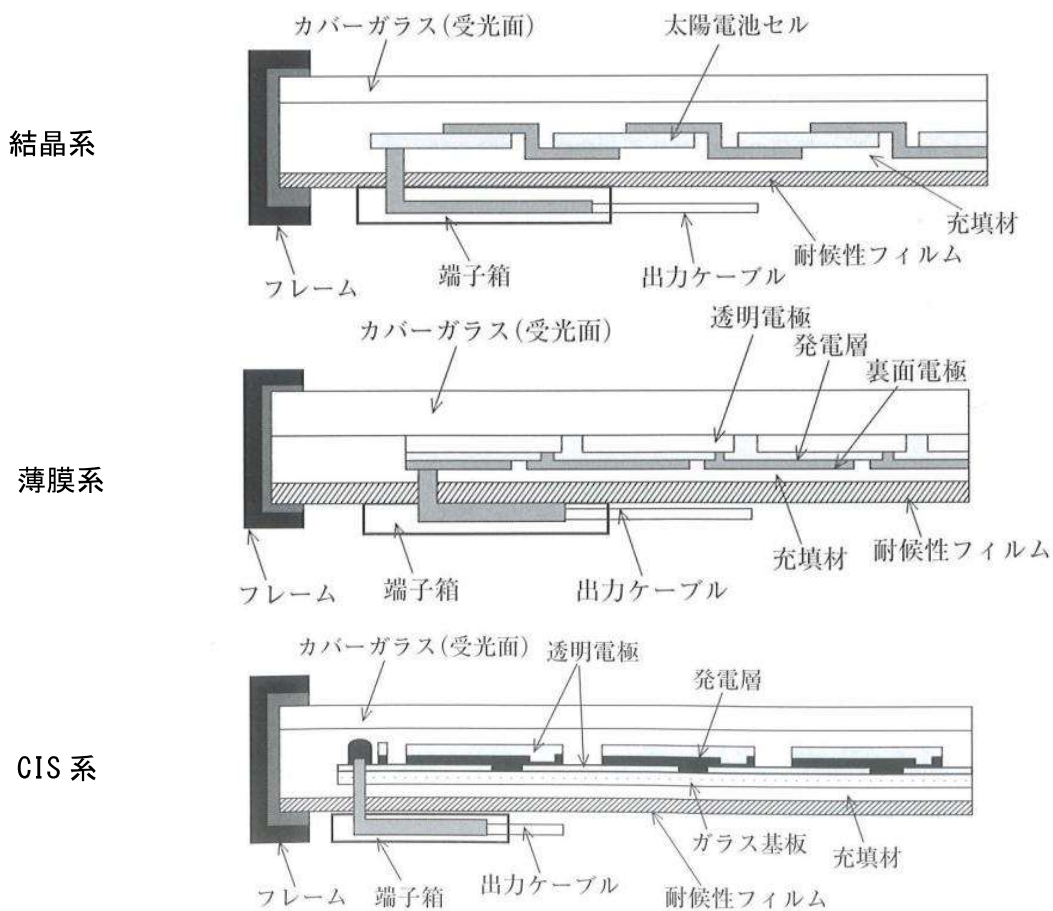


図2-8 PVモジュールの構造

4 設置分類

建築物に設置するPVモジュールは、設置方式、付加機能などの違いによって分類される。設置方式とそれぞれの設置イメージ、施工写真、特徴は以下のとおりである（図2-9、表2-1、表2-2参照）。

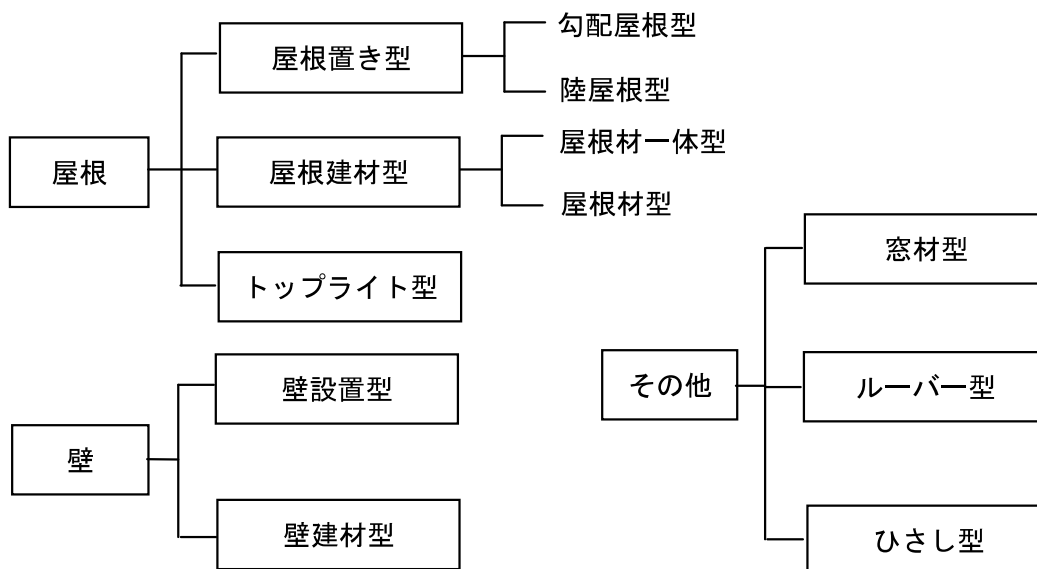
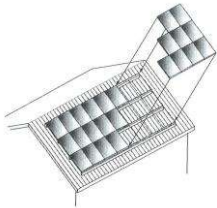

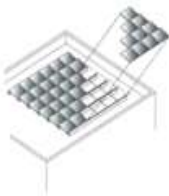













図2-9 設置方式

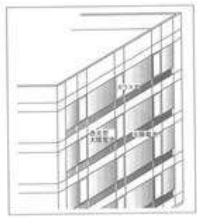



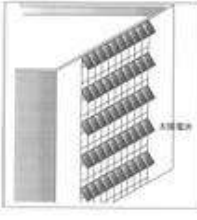

表2-1 屋根、壁に設置するPVモジュール

設置部位 設置方式	設置イメージ	施工写真	特徴
屋根 屋根置き型 勾配屋根型			1 屋根材に専用の支持金具と架台を取り付け、その上にPVモジュールを設置する。
屋根 屋根置き型 陸屋根型			1 アスファルト防水、シート防水などの防水層の上に、鉄骨台を組み、PVモジュールを設置する。 2 庁舎や学校校舎の屋上に設置されている事例が多い。
屋根 屋根建材型 屋根材一体型			1 屋根材にPVモジュールを組み込んでいる。 2 周辺屋根材と同じ形状をしているので、屋根に一体感があり、建築のデザイン性を損なわない。

<p>屋根 屋根建材型 屋根材型</p>			<ol style="list-style-type: none"> 1 PVモジュール自体が屋根材としての機能を持っている。 2 周辺屋根材との取合いが可能である。 3 新築の住宅用で設置されている場合が多い。
<p>屋根 トップライト型</p>			<ol style="list-style-type: none"> 1 トップライトのガラス部に合わせガラスのPVモジュールを組み込んでいる。 2 トップライトとしての採光と同時にセルによる遮へい効果もある。 3 セルの配置によって、開口率を変えることが可能。
<p>壁 壁設置型</p>			<ol style="list-style-type: none"> 1 壁に架台などを取り付け、その上にPVモジュールを設置するタイプ。 2 中高層建物の壁面などの有効利用が可能。
<p>壁 壁建材型</p>			<ol style="list-style-type: none"> 1 PVモジュールが壁材として機能するタイプ。 2 セルの配置によって、開口率を変えることが可能。 3 アルミサッシなど、支持工法が選べる。 4 主にカーテンウォールなどに組み込まれている。

屋根や壁にPVモジュールを設置するタイプの他に、窓材型、ルーバー型、ひさし型、などがある。

表2-2 その他に設置するPVモジュール

設置部位 設置方式	設置イメージ	施工写真	特徴
その他 窓材型			1 PVモジュール自体が窓ガラスの機能を有し、ある程度の採光性、透視性を保有する。
その他 ルーバー型			1 PVモジュール自体が、開口部のブラインド機能を有する。
その他 ひさし型			1 PVモジュール自体がひさし機能を有し、窓の上部など建物外部に支持金具（架台）を設けて設置する。

出典) 一般社団法人 太陽光発電協会 “太陽光発電システムの設計と施工”

一般社団法人 太陽光発電協会 “太陽光発電システム手引書”

一般社団法人 太陽光発電協会HPより作成

第3節 太陽光発電設備に係る現行の各種安全基準

1 電気関係法令

太陽光発電設備のうち、電圧が30V以上のものは電気工作物となり、そのなかで出力50kW以上は自家用電気工作物、出力50kW未満は一般用電気工作物となる（表2-3参照）。

表2-3 電気事業法関係法令

分類	関係法令 ・条項	概要
電気工作物の定義	法第2条	発電、変電、送電若しくは配電または電気の使用のために設置する機械、器具、ダム、水路、貯水池、電線路その他の工作物（船舶、車両又は航空機に設置されるものその他の政令で定めるものを除く）
	令第1条	電気工作物から除かれる工作物を次のように規定 「30V未満の電氣的設備であって、30V以上の設備と電氣的に接続されていないもの」 * 負荷設備を含めて回路内の最高電圧が30V以上の太陽光発電設備はすべて電気工作物となる。
一般用電気工作物	法第38条	次に掲げる電気工作物 ただし、小出力発電設備以外の発電用の電気工作物と同一の構内（これに準ずる区域内を含む）に設置するもの又は爆発性若しくは引火性のものが存在するため電気工作物による事故が発生する恐れが多い場所であって、経済産業省令で定めるものに設置するものを除く。
		一 他の者から経済産業省令で定める電圧以下の電圧で受電し、その受電の場所と同一の構内においてその受電に係る電気を使用するための電気工作物（これと同一の構内に、かつ、電氣的に接続して設置する小出力発電設備を含む）であって、その受電のための電線路以外の電線路によりその構内以外の場所にある電気工作物と電氣的に接続されていないもの。
		二 構内に設置する小出力発電設備（これと同一の構内に、かつ、電氣的に接続して設置する電気を使用するための電気工作物を含む）であって、その発電に係る電気を600V以下の電圧で他の者がその構内において受電するための電線路以外の電線路によ

		りその構内以外の場所にある電気工作物と電氣的に接続されていないもの。
	則第 48 条	4 「小出力発電設備」とは次のとおりとする。ただし、次の各号に定める設備であって、同一の構内に設置する次の各号に定める他の設備と電氣的に接続され、それらの設備の出力の合計が 50 kW 以上となるものを除く。 一 太陽電池発電設備であって出力 50 kW 未満のもの。 二 風力発電設備であって出力 20 kW 未満のもの。 三 水力発電設備であって出力 10 kW 未満のもの（ダムを伴うものを除く）。 四 内燃料を動力とする火力発電設備であって出力 10 kW 未満のもの。 五 燃料電池発電設備（固体高分子型のものであって、最高使用圧力が 0.1MPa 未満のものに限る）
事業用電気工作物	法第 38 条	一般用電気工作物以外の電気工作物
自家用電気工作物	法第 38 条	電気事業の用に供する電気工作物および一般用電気工作物以外の電気工作物

法：電気事業法 令：電気事業法施行令 則：電気事業法施行規則

2 建築関係法令

現在、建築物の多くは耐火建築物であり、外装材は不燃材となっている。太陽光発電設備は、不燃材であるガラスを PV モジュールの表面材に用いており、PV モジュールの裏側になる屋根や外壁に当たる部分で耐火性能を満足させている（表 2-4 参照）。

表 2-4 建築関係法令

分類	関係法令・条項	概要
防火地域 準防火地域	法第 61～67 条 令第 113 条 令第 136 条の 2 S62 告第 1905 号	防火地域、準防火地域を定め、建築物の延べ面積および階数によって耐火建築物、もしくは耐火建築物または準耐火建築物とすることを指定、もしくはそれらの地域での屋根の規定（不燃材料）をしている。
指定区域	法第 22 条 S62 住指発 265 号	特定行政庁が指定する区域内では屋根は不燃材料で造り、または葺かなくてはならない。
特殊建築物	法第 2 条第二号 法第 24 条	特殊建築物は用途別に当該用途を設ける階及びその用途に供する部分の床面積等に応じて

	法第 27 条 令第 115 条の 2 の 2 令第 115 条の 3	耐火建築物、若しくは準耐火建築物とすることを指定している。法第 24 条は、木造の特殊建築物の外壁及び軒裏で延焼のおそれのある部分の防火構造を規定している。
大規模の木造建築物	法第 25 条	延べ面積が 1000m ² を超える木造の建築物は外壁及び軒裏で延焼のおそれのある部分を防火構造とし、屋根を不燃材料とし、又は葺かなければならないことを規定。
建築物の階数と部分による耐火性能	法第 2 条第七号、第九号の二、三 令第 107 条 令第 107 条の 2 S39 告第 1675 号 H5 告第 1453 号	建築物の階数と外壁、間仕切壁、柱、床、梁、屋根などの部分によって耐火性能（耐火時間等）を指定している。
延焼の恐れのある部分の防火措置	法第 2 条第六号 令第 109 条	道路中心線、隣地境界線、同一敷地内における 2 棟以上の棟相互の外壁間の中心線から建築物の部分が 1 階は 3m 以下、2 階は 5m 以下の距離にあるものについては延焼のおそれのある部分として、外壁、開口部などの防火措置を定めている。
防火区画に接する外壁などの構造	法第 36 条 令第 112 条第 10 項	防火区画の床、間仕切壁に接する外壁などは、建築物その他の部分への延焼防止のために耐火構造の壁、庇または防火戸の設置を定めている。
風圧力、積雪荷重、地震力などに対する構造強度	法第 20 条 法第 36 条、 令第 37～39 条の 2 令第 83～88 条 S46 告第 109 号、S56 告第 1101 号、S56 告第 1793 号	建築物に作用する風圧力、積雪荷重、地震力などの外力に対しての安全性を確保するため、外壁、間仕切壁、柱、梁、屋根などの構造上主要な部分の構造計算に関する基準および屋根葺材などの緊結方法などを定めている。

法：建築基準法 令：建築基準法施行令 告：建設省告示（現国土交通省） 住指発：建設省通知（現国土交通省）

国土交通省からは、太陽光発電設備に係る通知が発出されている。主なものは以下のとおりである（表 2-5 参照）。

表 2-5 太陽光発電設備に係る国土交通省の通知

名称	文書番号	概要
「太陽光発電設備等に係る建築基準法の取扱いについて」	国住指第 4936 号 平成 23 年 3 月 25 日	①工作物からの除外について ②土地に自立して設置する場合の取扱い ③屋上に設置される場合の高さの算定に係る取扱い
「既存建築物の屋上に太陽光発電設備を設置する際の建築基準法の取扱いについて」	国住指第 1152 号 平成 24 年 7 月 4 日	①建築設備に該当 ②設置に際しての建築確認の要否について

国住指：国土交通省通知

3 消防関係法令

直接の規制はないが、窓材型、ルーバー型の P V モジュールが、窓や外壁に設置された場合は、消防法施行規則第 5 条の 2 の規定から無窓階と判定される。共同住宅等で総務省令第 4 0 号※ 1 を適用する場合は、開放廊下の有効開口、耐火構造に影響する。また、屋上に設置する場合は、変電設備等からの距離に影響がある（表 2-6 参照）。

表 2-6 消防法関係法令

分類	関係法令・条項	概要
各種消防設備設置の緩和要件	法第 17 条、令第 11 条、 令第 19 条、令第 20 条 令第 25 条	屋内消火栓設備、屋外消火栓設備、動力消防ポンプ設備、避難器具などの各種消防設備設置を緩和する要件の一つに建築物の構造が耐火建築物であることを規定している。
消火用高架水槽の設置場所	令第 11 条第 3 項	火災等の災害のおそれが少ない箇所（高架水槽が鋼製以外の場合、水槽面から建築物の外壁まで水平距離 5 m 以下が確保され、かつ、周囲に可燃物が無い）に設けることを規定している。
無窓階の判定	則第 5 条の 2	避難上又は消火活動上有効な開口部を有しない階を規定している。
給湯設備、ボイラー、ヒートポンプ冷暖房設備等で入	条例第 3 条第 1 項第 12 号の 2 条則第 3 条の 3 第 2 項	屋外又は主要構造部分を不燃材料とした建築物の屋上に設置する炉等の周囲には 3 m 以上の空間を保有することを

力合計が 350kW 以上の炉等		規定している。(ただし、炉を設置する部分にスプリンクラー設備、泡消火設備等を設置した場合は、周囲の空間は要しない。)
変電設備等の設置場所	条例第 11 条第 2 項 審第 3 章第 2 節第 16	屋外に設ける変電設備等については、隣接する建築物等から 3m 以上離れていることを規定している。
外壁相互間の距離	審第 2 章第 1 節第 4	外壁相互の距離によって接続部分の 3m 以内を耐火構造または防火構造とすることを規定している。

法：消防法 令：消防法施行令 則：消防法施行規則 条例：火災予防条例（東京都）

条則：火災予防条例施行規則（東京都） 審：東京消防庁予防事務審査・検査基準

※1 平成 17 年 3 月 25 日 総務省令第 40 号 「特定共同住宅等における必要とされる防火安全性能を有する消防の用に供する設備等に関する省令」

4 太陽光発電設備に関する安全規格

太陽光発電設備に関する規格は国や地域によって異なるが、日本では主に J I S 規格で運用されており、その安全性能は、JISC8992-1&2 で規定されている（表 2-7 参照）。

表2-7 太陽光発電設備に関する安全規格

対象	種類	IEC 規格	地域規格		
			北米	欧州	日本
P V モジュール	性能認証規格	結晶系： IEC61215 薄膜系： IEC61646 集光型： IEC62108	北米ではあまり要求されない	欧州市場でバイヤーが要求	結晶系： JISC8990 薄膜系： JISC8991
	安全性認証規格	構造審査規格： IEC61730-1 試験規格： IEC61730-2	UL1703	EN61730-1&2	JISC8992-1&2
BOS 製品	システムの設置・安全性要件	IEC62548 (CDV)	NEC(全米電気工事基準)	各国ごとに要求	JISC8954 8955、8956
	ケーブル	規格なし	UL854、UL subject	EN 規格原案 (AK411.2.3)	JCS4517(日本電線工業会規格、電気用品安全法、電気事業法)
	コネクタ	規格なし	UL1703/489	EN50521	IEC61730-1 7.3 項 (モジュール部品に対する要求)を代用
インバータ	製品安全規格	IEC62109-1&2	UL1740	EN50178 (IEC62103:パワーエレクトロニクス製品要求事項)	JET 認証: 電気用品の技術基準別表第八を準用
	EMC 規格	IEC61000 シリーズ	FCC 規格	EN61000 シリーズ	JIS61000 シリーズ
	系統連系規格	IEC61727	IEEE1547-1&2、Rule21	各国ごとに要求	JEAC9701(系統連系規程)、電気設備技術基準の解釈、電力品質に係る系統連系技術要件ガイドライン

出典)一般財団法人 電気安全環境研究所 “太陽電池モジュールの認証試験規格と試験所認定” より作成

**5 PVモジュールの安全適格性確認-第2部：試験に関する要求事項（JIS C 8992-2）
における安全試験項目**

現在 J I S 規格において、P Vモジュールに要求している感電危険試験及び火災危険試験は以下のとおりである（表2－8 参照）。

表2－8 PVモジュールの安全試験

カテゴリー	試験項目	目的
感電危険試験	10.2 接近性試験	絶縁していない電氣的結線が、人に対する感電の危険とならないか試験する。
	10.3 切断性試験	重合材で作られたP Vモジュールのすべての受光面及び裏面が、人を感電の危険にさらすことなく、設置及び保守における通常の取り扱いに耐え得るかどうかが調べる。
	10.4 接地連続性試験	太陽光発電設備において、露出した導電性の表面を適切に接地できるように、P Vモジュールのすべての露出した導電性表面と製造業者の指示する設置点との間に導通があることを調べる。この試験は、P Vモジュールが金属筐体、金属の接続箱などの露出した導電部をもつ場合にだけ行う。
	10.5 インパルス電圧試験	P Vモジュールの充てん材などの固体絶縁物が、過電圧に耐える能力を評価する。この試験には、低圧機器の開閉による過電圧も評価対象として含める。 注記 P Vモジュールをフレームなしで販売している場合を除き、この試験は、フレーム付きの状態を実施する。
	10.6(直流)耐電圧試験	P Vモジュールが通電部分と筐体外部との間で十分に絶縁しているかを評価する。この試験は、P Vモジュールに対して室温（JISC60068-1 参照）で、かつ、相対湿度 75%以下で実施する。
火災危険試験	10.7 温度試験	P Vモジュールの構成に用いている様々な部品及び材料の適切な使用法を確立するために、最大温度を評価する。
	10.8 火災試験	これらの要求事項は、屋根被覆材料として用いるか、又は建物の既設の屋根上に取り付けるかを問わず、P Vモジュールに適用する基本的な耐火性能を規定する。P Vモジュールは、火災にさらされる可能性があるため、設置した建物の外部が発生源である火災にさらされた場合の防火性能を表示することが必要である。P Vモジュールは試験後には機能しなくてもよい。 火災安全等級は、火災安全等級 A（最高の防火性）、火災安全等級 B 及び火災安全等級 C(基本的な耐火性)に分類している。最低限の耐火格付けの火災安全等級 Cはすべての建物に取り付けられるP Vモジュールに不可欠である。特定用途の要求事項を満たすためには、もっと高い水準の認証を検討してもよい。
	10.9 逆電流過負荷試験	P Vモジュールには、絶縁した導電性部材が入っている。タブ及びセルは、逆電流故障条件において、過

		電流保護装置が回路を遮断する前に、エネルギーを熱として強制的に放散させなければならない。この試験は、逆電流故障条件における発火又は火災の危険性を調べることを目的とする。
--	--	--