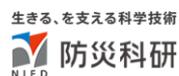
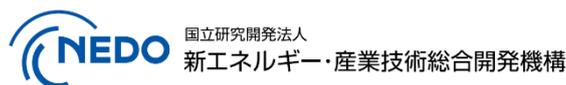


# 水上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン

2021 年版

この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発／安全性・信頼性確保技術開発（特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定）」の結果として得られたものです。

2021 年 11 月 12 日





## はじめに

2020年10月、菅総理大臣（当時）より「2050年カーボンニュートラル、脱炭素化社会の実現を目指す」ことが宣言されました。また、2021年10月に閣議決定された第6次エネルギー基本計画において、「再生可能エネルギーの主力電源化を徹底し、再生可能エネルギーに最優先の原則で取り組み、国民負担の抑制と地域との共生を図りながら最大限の導入を促す。」とされ、具体的には「地域と共生する形での適地確保、コスト低減、系統制約の克服、規制の合理化、研究開発などを着実に進めていく。こうした取組を通じて、国民負担の抑制や、電力システム全体での安定供給の確保、地域と共生する形での事業実施を確保しつつ、導入拡大を図っていく。」との方針が示されました。こうした情勢を背景に、太陽光等の再生可能エネルギーについて、導入の拡大と国民負担の抑制を両立しながら「主力電源化」に向けた環境整備を進めていくことが不可欠であります。

一方で、我が国における太陽光発電の導入が2012年のFIT制度開始後に急拡大したことによって、台風、積雪、豪雨など自然事象による被害が少なからず発生しており、太陽光発電設備の安全性に対する地域の懸念が高まっています。

このような状況の下、これまでに国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、太陽光発電システムの自然災害や経年劣化に対して安全性と経済性を確保するため「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン2017年版」を作成、その後架台や基礎の強度や腐食の進行に関する実証実験を行い、その結果を基に、より合理的かつ安全性の高い設計方法を盛り込んだ「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン2019年版」（<https://www.nedo.go.jp/content/100895022.pdf>）を公開してきました。

他方、近年では太陽光発電の建設に適した場所の減少に伴い、傾斜地や農地、さらには水上へと太陽光発電の設置環境が拡大しています。これらの特殊な設置環境での太陽光発電は、一般的な地上設置型の太陽光発電より設計や施工上の難易度が高く、地方自治体の条例において太陽光発電施設への要求事項として安全対策が求められつつありますが、それらを満足させる方法については具体的に示されていません。その背景には、これらの設備の設計・施工に関する知見が極めて少なく、また、その知見が集約されてこなかったことにあります。

このため、NEDOの委託事業「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発／安全性・信頼性確保技術開発（特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定）」の一環としてこれまでに得られた知見をまとめ、「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン2019年版」に上記の特殊な設置環境の構造設計、電気設計・施工の項目を加えた設計・施工ガイドラインを今回公開することとしました。

なお、当該事業は2022年度末まで継続され、今後、各種設置形態への適用性をより向上させるため、現在実施中の各種実証実験結果などを反映し、今後、更に本ガイドラインを改定する予定です。本ガイドラインが今後、上記の環境における太陽光発電設備の設置で参考になれば幸いです。

最後になりましたが、本ガイドラインの作成にあたり、「太陽光発電の安全性・信頼性確保技術推進委員会」の皆様をはじめ、経済産業省、NEDO事業に参加頂いている企業や研究機関など、多くの方々のご協力を賜りました。この場をお借りして、厚くお礼を申し上げます。

### 本ガイドラインの位置付け

		法規制	規格	ガイドライン
構造設備	構築物 建物設置	<ul style="list-style-type: none"> <li>電気事業法</li> <li>電技省令</li> <li>電技解釈及び解説</li> <li>建築基準法 (建築構造物、9m以上高)</li> <li>急傾斜地法 (指定の有無)</li> <li>農地転用に係る取扱通知 (営農型太陽光発電)</li> <li>改正FIT(点検・保安)</li> </ul>	JIS C 8955 : 2017	地上設置型 設計ガイドライン 日本風工学会 ハンドブック
	地上設置			<b>太陽光発電システムの 設計・施工ガイドライン (傾斜地設置型・営農 型・水上設置型)</b>
	傾斜地設置			
	水上設置			
	営農型設置			
電気設備	太陽電池 モジュール		JIS C 8992、8954、8951 IEC	JPEA 水没安全 ガイド
	周辺機器		JIS C 8980、8961 IEC、JESC系統連系規程	AIST 直流電気安全 手引と技術情報
施工管理	一般			JPEA 設計と施工 改訂5版
保守管理	発電能力 安全性		JIS C 8907、8953	JPEA 保守点検ガイドライン
	設備維持			JPEA 事業の評価ガイド 経産省 事業計画策定ガイドライン

## 本書作成関係委員会

—五十音順・敬称略—

### 特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定委員会

委員長	植松 康	(秋田工業高等専門学校)
副委員長	西川 省吾	(日本大学)
委員	植田 讓	(東京理科大学)
	飯嶋 俊比古	(飯島建築事務所)
	居駒 知樹	(日本大学)
	奥田 泰雄	(建築研究所)
	重光 達	(大成建設)
	篠原 正	(腐食防食学会)
	田村 良介	(NTT ファシリティーズ)
	土屋 星	(三井住友建設)
	馬上 丈司	(千葉エコ・エネルギー)
	鈎 裕之	(東京電気管理技術者協会)
	松浦 純生	(京都大学防災研究所)
	宮本 裕介	(関電工)
	安富 強	(京セラ)
	山崎 雅弘	(関西大学)
	山中 秀文	(大阪ガス)
事務局	井上 康美	(太陽光発電協会)
	榎本 哲也	(デロイトトーマツコンサルティング)
	大関 崇	(産業技術総合研究所)
	高森 浩治	(構造耐力評価機構)
	渡辺 健二	(八千代エンジニアリング)
(再委託先)	安達 聖	(防災科学研究所)
	谷口 徹郎	(公立大学法人大阪 大阪市立大学)
	千葉 隆弘	(北海道科学大学)
オブザーバー		
	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構	
	新エネルギー部 太陽光発電グループ	
	経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部	
	新エネルギー課	
	経済産業省 商務情報政策局 産業保安グループ 電力安全課	
	環境省 大臣官房 環境影響評価課	
	独立行政法人 製品評価技術基盤機構	
	一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会	

一般社団法人 太陽光発電協会  
公共産業部会、O&Mスマート保安タスクフォース)  
一般社団法人 電気設備学会  
一般社団法人 日本太陽光発電検査技術協会  
一般社団法人 日本電気協会  
一般社団法人 日本電機工業会  
株式会社資源総合システム

**風荷重WG** (◎主査、○幹事)

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| ◎ 植松 康 (秋田工業高等専門学校)  | ○ 高森 浩治 (構造耐力評価機構) |
| 相原 知子 (大成建設)         | 井上 康美 (太陽光発電協会)    |
| 大関 崇 (産業技術総合研究所)     | 大竹 和夫 (竹中工務店)      |
| ガヴァンスキ江梨 (大阪市立大学)    | 菊池 浩利 (清水建設)       |
| 木村 吉郎 (東京理科大学)       | 作田美知子 (三井住友建設)     |
| 染川 大輔 (大林組)          | 谷口 徹郎 (大阪市立大学)     |
| 田村 良介 (NTT ファシリティーズ) | 中川 尚大 (前田建設工業)     |
| 松本 知大 (建材試験センター)     | 丸山 敬 (京都大学)        |
| 山本 学 (鹿島建設)          | 吉田 昭仁 (東京工芸大学)     |

**オブザーバー**

- |                     |                 |
|---------------------|-----------------|
| 小西 康郁 (東北大学流体科学研究所) | 奥地 誠 (構造耐力評価機構) |
|---------------------|-----------------|

## 目次

はじめに.....	i
本書作成関係委員会 .....	iii
<b>1. 総 則.....</b>	<b>5</b>
1.1 本ガイドラインの利用上の注意 .....	5
1.2 適用範囲.....	5
1.3 引用規格、参考資料.....	6
1.4 用語・記号の定義 .....	6
1.5 構造設計方針.....	13
1.6 電気設計方針.....	14
1.7 施工管理方針.....	15
<b>2. 被害事例.....</b>	<b>17</b>
2.1 強風被害.....	17
<b>3. 構造設計・施工計画.....</b>	<b>19</b>
3.1 設計フロー（構造） .....	19
3.2 施工フロー（構造） .....	20
<b>4. 電気設計・施工計画.....</b>	<b>21</b>
4.1 設計フロー（電気） .....	21
4.2 施工フロー（電気） .....	21
<b>5. 事前調査.....</b>	<b>23</b>
5.1 資料調査.....	23
5.2 現地調査.....	23
5.3 地盤調査（水中） .....	24
5.4 水質・流域の調査 .....	24
<b>6. 太陽電池アレイ配置計画 .....</b>	<b>25</b>
6.1 全体配置計画.....	25
6.2 アレイ面の傾斜角と離隔距離.....	25
6.3 環境・景観対策（配慮項目程度） .....	26
<b>7. 設計荷重.....</b>	<b>28</b>
7.1 想定荷重と荷重の組み合わせ .....	28

7.2 固定荷重 .....	29
7.3 風圧荷重 .....	29
7.4 積雪荷重 .....	31
7.5 地震荷重 .....	31
7.6 波力・動揺（繰り返し荷重を含む） .....	32
7.7 水面凍結による荷重 .....	35
<b>8. 使用材料 .....</b>	<b>36</b>
8.1 鋼材 .....	36
8.2 アルミニウム合金材 .....	36
8.3 コンクリート（独立基礎に使用） .....	36
8.4 ワイヤロープ・チェーン（係留用） .....	37
8.5 樹脂（フロート） .....	37
8.6 その他材料 .....	38
<b>9. フロート設計 .....</b>	<b>39</b>
9.1 フロート設計での注意点 .....	39
9.2 フロートの設計 .....	39
9.3 接合部の設計（フロート間、係留索とフロート間、フロートと太陽電池モジュール間） .....	40
<b>10. 係留設計 .....</b>	<b>41</b>
10.1 係留設計での基本事項 .....	41
10.2 係留方法 .....	42
10.3 係留索の設計 .....	42
10.4 アンカーの設計 .....	44
<b>11. 腐食防食 .....</b>	<b>48</b>
11.1 水中部（アンカー・ロープ） .....	48
11.2 水上部（固定金具など） .....	48
11.3 樹脂材料など（フロートおよびフロート間接合部） .....	48
<b>12. 電気設備の設計：水上設置型における電気設計の注意点 .....</b>	<b>49</b>
12.1 水上の配線方法に関する注意点 .....	49
12.2 水上の機器の設置方法に関する注意点 .....	50
12.3 水上における電気機器選定に関する注意点 .....	51

12.4 保守点検を考慮した電気設備計画の注意点 .....	53
<b>13. 施工 .....</b>	<b>54</b>
13.1 一般共通項目 .....	54
<b>14. 維持管理計画.....</b>	<b>56</b>
14.1 一般共通事項.....	56
14.2 フロートと太陽電池モジュール（水上） .....	56
14.3 係留索（水中） .....	57
14.4 電気設備 .....	57
14.5 フロートへのアクセス方法.....	58
14.6 緊急時の対応（設計時における配慮事項） .....	59
<b>Appendix.....</b>	<b>61</b>
Appendix A：調査対象国の選定 .....	61
Appendix B：韓国・台湾の規制・ガイドライン .....	62
Appendix C：韓国の水上設置型の設計・施工基準 .....	63



## 1. 総 則

### 1.1 本ガイドラインの利用上の注意

本ガイドラインは、太陽光発電システムの構造および電気に関する設計・施工の要求事項について、建築、土木、港湾、電気などの各分野における既往の基規準、指針などの文献をもとに取りまとめたものである。そのため本ガイドラインでは多くの文献を引用しているが、全てについて詳述できないことから、その趣意、要点、概要についての記載にとどめている。これらについての詳細な内容や解説などについては引用元の文献を参照されたい。また、構造と電気に関するそれぞれの記載内容については、次のような方針で執筆しているので、これらを理解のうえ本ガイドラインを利用していただきたい。

- 構造関連の内容：基本事項の概要と水上設置型太陽光発電システム特有の内容について記載する。
- 電気関連の内容：基本事項については省略し、水上設置型太陽光発電システム特有の内容のみを記載する。

### 1.2 適用範囲

1. 本ガイドラインは水面に設置される太陽光発電システムに適用する。
2. 対象とする架台は浮体構造とし、樹脂製フロートおよび樹脂製フロートに鋼製またはアルミニウム製のフレームを設置したものを対象とする。
3. 対象とする係留アンカーは、打込み式および重量式とする。
4. 構造設計は、許容応力度設計法に基づいて行う。
5. 太陽電池アレイの最高高さが 9m を超えるシステムおよび追尾型システムは除外する。
6. 湖沼、人造湖、ため池などの淡水域の水面を対象とし、河川および海域の水面は対象外とする。

適用範囲は、淡水域で流れがない水面上に設置される太陽光発電システムに限定した。河川などの常時流れのある水面、流木や土砂等が流入する水面、海域のような波浪・高潮・津波などの特異な自然条件の発生が想定される水面に設置されるものは、原則として本ガイドラインの対象外とした。

公有水面においては、関連法令に基づく占用手続きや工作物設置許可申請を伴う。この場合においては、本ガイドラインによるほか、関係法令に基づく技術基準への適用が求められる。また、各地方自治体による条例、施行規則およびこれらに基づく設置許可申請の手引きなどに適合させる必要もある。

発電用太陽電池設備の技術基準においては、アレイ面の最高高さが 9m を超える太陽光発電システムでは建築基準法での工作物の構造関連規定(建築基準法施行令第 141 条)への適合を要求していることから、本ガイドラインでは対象外とした。また、一般的な

---

水上設置型太陽光発電システムは高さが数十cm程度であることから、水面からの高さが約1mを超えるような設備については、本ガイドラインの要求のほかに構造強度や施工の安全性について特別な配慮が必要である。

### 1.3 引用規格、参考資料

- JIS C 8955:2017 「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法」
- JIS C 8960:2012 「太陽光発電用語」
- IEC 62548:2016 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements
- 内線規程、一般社団法人日本電気協会
- 配電規程、一般社団法人日本電気協会
- 高圧受電設備規程、一般社団法人日本電気協会
- 系統連系規程、一般社団法人日本電気協会
- 自家用電気工作物保安管理規程、一般社団法人日本電気協会
- 公共・産業用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
- 太陽光発電システムの設計と施工 改訂5版、一般社団法人太陽光発電協会
- 太陽光発電システム保守点検ガイドライン、一般社団法人日本電機工業会・一般社団法人太陽光発電協会 技術資料

### 1.4 用語・記号の定義

I E C	国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission）。電気および電子技術分野の国際規格の作成を行う国際標準化機関で、各国の代表的標準化機関から構成されている。
圧密	荷重の作用により土が長い時間をかけて排水しながら体積を減少させる現象。これによる沈下を特に圧密沈下という。
アンカーボルト	構造物の柱や土台をコンクリート基礎に定着するために埋め込んで用いるボルト。
異種金属接触腐食	異種金属が直接接続されて、両者間に電池が構成されたときに生じる腐食。ガルバニック腐食ともいう。一般には電食と呼ばれることもあるが、電食の本来の意味は異なることに注意が必要である。
打込み杭	既製の杭体をほぼその全長にわたって地盤中に打ち込み、または、押し込むことによって設置される杭。
埋込み杭	既製の杭体をほぼその全長にわたって地盤中に埋め込むことによって設置される杭。
液状化	砂質土等の地盤で、地震動の作用により粒子間の水圧が急上昇して、液体のような現象。
S.M.B法	対象水域の風速、吹送距離をパラメータとして有義波の波高および周期を推定する波浪推算手法。

応力腐食割れ	負傷環境下で金属材料に引張応力が作用しているときに、き裂を生じて破壊に至る現象。
音響測深機	水面付近から音波を出し水底から反射して帰って来るまでの時間を測ることによって、水深を求める装置。
海塩粒子	海水の微小水滴が大気中で乾燥して生成した粒子でエアロゾルの一種。海塩粒子が風に流されることで飛来塩分となる。
化成処理	化学処理によって金属表面に安定な化合物を生成させる表面処理方法。
化成皮膜	化成処理により生成した金属表面の皮膜。
ガルバニック電流	異種金属接触腐食が発生した際に異なる金属間を流れる電流。
乾舷	フロートが水に浮いているときのフロート天端から水面までの垂直距離。
含水比	ある容積の土に含まれる水の質量の、土粒子だけの質量に対する比率を百分率で表した数値。
基礎	直接基礎と杭とを総称したもの。
既製コンクリート杭	既製鉄筋コンクリート杭等の総称。
基礎スラブ	直接基礎の構造部分で、上部構造からの荷重を分散して地盤に伝達するために必要な面積を確保するスラブまたは片持ちスラブ。底盤、フーチング、ベースともいう。
喫水	フロートが水に浮いているときのフロート底面から水面までの垂直距離。
キャップナット (ブーツ)	ナットの種類のひとつ。抑えつけた状態で締結を行うもの。本ガイドラインではコネクタ用に利用される部品の一部。
極限(鉛直)支持力	構造物を支持し得る最大の鉛直方向抵抗力。地盤の支持力のみを指す場合は、地盤の極限支持力(度)とも呼ぶ。
局部腐食	材料表面の腐食が均一ではなく、局部的に集中して生じる腐食であり、一部に極端な腐食が生じる現象。
許容(鉛直)支持力	極限(鉛直)支持力を安全率で除した値で、かつ、部材が許容される応力度以内にあるときの鉛直力。地盤の抵抗力のみを指す場合は、地盤の許容応力(度)とも呼ぶ。
切土	自然斜面地盤の土砂・岩石を取り除いて造成された地盤。
均一腐食	材料表面の大部分にほぼ均一に生じる腐食。全面腐食ともいう。
杭基礎	基礎杭に架台を連結して、架台からの荷重を、杭を介して地盤に伝える形式の基礎。一般的な建築工事のように鉄筋コンクリート基礎の補強として杭を使用する場合は、これを補強杭工法として区別する。
杭の水平載荷試験	杭の頭部に水平力を加える静的な載荷試験。
傾斜角(度)	本ガイドラインでは、アレイ面の水平面からの傾斜の度合いを示し、角度(度)で表す。地盤について用いられる場合もある。

系統連系	自家用発電設備を商用電力系統に接続して、運転できるようにすること。連系している商用電力系統の電圧階級および形態によって、低圧連系、高圧連系、特別高圧連系、スポットネットワーク連系などに区分することもある。
齧歯目動物	脊椎動物亜門 哺乳綱の目の1つ。ネズミ目、齧歯類（げっしるい）ともいう。リス、ネズミ、ヤマアラシ、モモンガ、ヌートリアなどが含まれる。電気配線のケーブルなどを齧ることがある。
原位置試験	原状の地盤において行う土の性質を調べる試験。
鋼杭	鋼管杭、型钢杭等、鋼製の杭。
孔食	金属内部に向かって孔状に進行する局部腐食。
洪積層	更新世の時代に堆積した地層。主に台地・段丘を構成している。
勾配	地盤等の水平面からの傾斜の度合い。水平距離と高さの比率で表すことが多い。屋根面の傾斜の度合いを表すこともある。
補助極	接地抵抗の測定を行う時に接地して利用する測定点。接地して利用するため金属の棒で出来ている。
再現期間	ある大きさ以上の作用が、一度発生してから次に再び発生するまでの平均的な時間間隔（年）。
地業	直接基礎のスラブと地盤とのなじみをよくするため、基礎スラブの下部に砂、碎石、コンクリート等の施工を行うこと。
支持杭	軟弱な地層を貫いて硬い層まで到達し、主としてその先端抵抗で支持させる杭。
自沈層	スウェーデン式サウンディング（SWS）試験において、1 kN以下の荷重で地盤中に沈み込む地層のこと。
地盤改良	地盤強度の増大ならびに沈下の抑制等に必要な土の性質の改善を目的とし、土に締固め・脱水・固結・置換等の処理を施すこと。
地盤沈下	地盤が地下水の汲みあげや地盤への載荷等のために広範囲にわたって沈下すること。
主働土圧	壁から土が離れる側に移動した場合の壁に作用する圧力。
受働土圧	壁から土に向かって移動した場合の壁に作用する圧力。
小口径鋼管杭	鋼管径として 50～200 mm 程度の一般構造用炭素鋼鋼管を使用した杭。
除錆処理	腐食減量等を求める際に試験片から腐食生成物を除去する方法。腐食生成物を電解によって除去する場合、材料やめっきによって用いる溶液や浸漬時間等が異なる。
水平地盤反力係数	地盤中の任意の位置における水平応力と変位量の関係から得られる割線勾配。
スラブ	鉛直方向の荷重を支持する床盤・底盤。
正圧	一般に物体表面を押し方向に作用する圧力をいう。本ガイドラインでは、アレイの上面を押し方向の風圧力（風力）をいう。また、正圧が生じる風向を順風と呼ぶ。

静止土圧	壁およびこれに接する土が静止状態にある時の壁に作用する圧力。
接続箱	複数のストリング出力側と負荷側とを、又は複数のアレイ出力側と負荷側とを端子で中継し、必要に応じて逆流防止素子、直流開閉器等を収納した密閉箱（中継端子箱、集電箱）。
接地圧	基礎スラブと地盤の間に作用する圧力。
接地極	避雷導線または接地線と大地とを電氣的に接続するために地中に埋設した導体。棒状、板状のものがあり、それぞれ材質によって仕様が決まっている。
浅層混合処理工法	表層地盤に対してセメント系の固化材等の添加や混合および締固めにより面的に地盤を改良する工法。
せん断抵抗角（内部摩擦角）	土粒子の機械的な噛み合わせによって生ずる抵抗角。
造成地盤	設計された地盤高になるように手が加えられた人工的地盤。主に切土と盛土のことをいう。
大気暴露試験	試験片を一定期間屋外にさらして、自然環境下での腐食、さび、劣化等の状態を調べる試験。屋外暴露試験、耐候性試験ともいう。材料が使用される実環境下で実施するため、現場に即した耐候性評価が可能な唯一の試験方法である。
大気腐食	材料が陸上大気環境中の屋外で使用された場合に発生する腐食。
大気腐食試験	耐候性を評価する試験。大気暴露試験と室内の試験機により大気環境中における特定の環境因子を用いる促進暴露試験がある。
耐候性	屋外で使用される材料は大気環境中の塩分、光、熱、水分等の影響を受けて腐食する。耐食性のうち、特にこのような大気環境による腐食（大気腐食）に耐える性質。
耐食性	材料が腐食に耐える性質。
沖積層	完新世の時代に堆積した地層。主に低地を構成している。
太陽光発電	太陽光のエネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電方式。光起電力効果を利用した太陽電池を用いるのが一般的である。
太陽光発電システム	光起電力効果によって太陽エネルギーを電気エネルギーに変換し、負荷に適した電力を供給するために構成された装置およびこれらに附属する装置の総体。法令により、太陽光発電設備、太陽電池設備等、呼称が変化することがある。
太陽電池パネル	現場取付けができるように複数個の太陽電池モジュールを機械的に結合し、結線した集合体。
太陽電池	太陽光等の光の照射を受けてそのエネルギーを直接電気エネルギーに変える半導体装置。光起電力効果を利用した光電変換素子の一種。太陽電池セル、太陽電池モジュール、太陽電池パネル、太陽電池アレイ等の総称として用いる場合もある。
太陽電池アレイ	太陽電池架台および／または基礎、その他の工作物を持ち、太陽電池モジュールまたは太陽電池パネルを機械的に一体化し、結線した集合体。太陽光発電システムの一部を形成する。

太陽電池架台	太陽電池モジュールまたは太陽電池パネルを取り付けるための支持物。本ガイドラインでは単に「架台」とも呼ぶ。
太陽電池ストリング	太陽電池モジュールを直列接続して結線した集合体。
太陽電池モジュール	太陽電池セルまたは太陽電池サブモジュールを耐環境性のため外囲器に封入し、かつ規定の出力をもたせた最小単位の発電ユニット。
耐用年数	材料が使用に耐える年数。
地際部	鋼管杭が地面と接するところ。本ガイドラインでは、地表面から深度 200 mm 程度の範囲とした。
直接基礎	基礎スラブからの荷重を直接地盤に伝える形式の基礎。
T.P.	高さ（標高）の基準面。東京湾平均海面（Tokyo Peil）の略であり、一般に土地の高さ（標高）は東京湾の平均海面（T.P.±0.00 m）を基準（標高 0 m）として表される。
堤体	堤防本体のこと。ため池の場合は周囲を囲む堤防などを示す。
電解質	物質を溶媒に溶かしたとき、アニオンとカチオンに電離する物質で、電気伝導性を示す性質を有する物質。
電気防食	材料に電流を流し、材料表面の電位を変化させて腐食を防止する方法。直接、直流電源を接続する外部電源方式と防食する材料にマグネシウム合金等、電位の低い材料を接続し、これにより発生する電位差を利用する流電犠牲陽極方式がある。
展張	ロープ等を伸ばし、広げること。
独立基礎	単一柱からの荷重を独立したフーチングによって支持する基礎。
土質試験	試掘やボーリングによって採取された試料を対象として行う土の物理的性質や力学的性質等の室内試験の総称。
土壌腐食	土壌中で起きる金属の腐食。
土壌マクロセル腐食	土壌中のイオンや酸素濃度等が局部的に異なることで電池が構成されたときに生じる腐食。
塗装	材料表面に塗料を塗ることで、材料に他の性質を付加する表面処理法。塗装による耐食性は材料表面と腐食因子との接触を防ぐことで得られる。
塗膜	塗装により材料表面に形成した皮膜。
トルク	電気配線の端子台のねじやコネクタ部品の締め付けを行う力のこと。単位は N・m。
軟弱地盤	構造物の支持地盤として十分な支持力をもたない地盤。
難燃性ケーブル (FR)	物質が燃え難い性質であることを表す用語であり、燃えないことを意味していない。性能は、難燃試験方法によって定められている。FR：Frame Retardant
根入れ深さ	地表面から基礎スラブ下端までの掘削深さ。
根切り	構造物の基礎あるいは地下部分を構築するために行う地盤の掘削。
粘着力	粘土粒子間の電気化学的な吸着力。

パワーコンディショナ	主幹制御監視装置、直流コンディショナ、インバータ、直流/直流インタフェース、交流/交流インタフェース、交流系統インタフェース等の一部または全てから構成され、太陽電池アレイ出力を所定の電力に変換する機能を備えた装置。
P C S	パワーコンディショナ、Power Conditioning sub-System (P C S)。主幹制御監視装置、直流コンディショナ、インバータ、直流-直流インタフェース、交流-交流インタフェース、交流系統インタフェースなどの、一部又は全てで構成し、太陽電池アレイ出力を所定の電力に変換する機能を備えた装置。
微生物腐食	微生物によって促進される腐食のこと。M I C (ミック、Microbially influenced corrosion) と呼ばれ、この場合は金属に限らず材料が微生物により腐食する現象のことを指す。 主な腐食誘引微生物として、硫酸塩還元細菌、イオウ酸化細菌、鉄酸化細菌、鉄細菌、スライム生成微生物などが知られている。
樋門	河川または水路を横断して設けられる制水施設。当該樋門が横断する河川または水路が合流する河川の堤防内に暗渠として設けられ、堤防の機能を有するもの。
表面処理	材料表面に耐食性や耐摩耗性、意匠性等、他の性質を付加することを目的として、めっきや塗装等を施す加工。
飛来塩分	海浜地帯で潮風によって運ばれてくる塩分。一般に飛来塩分量は離岸距離が大きくなるほど減少するが、地形条件や気象条件に影響を受けるため、注意を要する。また、積雪地域では融雪材が塩分であることもあるので、本ガイドラインでは融雪材の塩分も飛来塩分に含める。
フーチング	建物の基礎にかかる荷重を分散するために基部を幅広くしたものの。
負圧	一般に物体表面を引く方向に作用する圧力をいう。本ガイドラインでは、アレイの上面を引く方向の風圧力(風力)をいう。また、負圧が生じる風向を逆風と呼ぶ。
風圧荷重	風圧力による荷重。厳密には、風圧力とその作用による構造物の応答も含めて評価した荷重。
風圧力	一般に風の中に存在する物体表面に作用する圧力いう。本ガイドラインでは、風によって物体に作用する力(風力)として用いられ、単位面積当たりの力で表す。
風洞実験	模型あるいは実物の試験体が風から受ける圧力、力、変形、あるいはその周辺の気流性状を調べるために風洞を用いて行なう実験。
風洞実験	模型あるいは実物の試験体が風から受ける圧力、力、変形、あるいはその周辺の気流性状を調べるために風洞を用いて行なう実験。
フェッチ線	有効吹送距離 $F_{eff}$ の算定に用いる線。波の算定地点から対岸まで放射状に作図し、対岸距離(フェッチ $F_i$ )を読み取る。

複合基礎	2本以上の柱からの荷重を1つのフーチングによって支持する基礎。
腐食	材料がそれを取り囲む環境物質によって、化学的または電気化学的に侵食されるか若しくは物質的に劣化する現象。
腐食形態	腐食要因ごとに共通している特徴的な様子。
腐食減量	腐食試験後の試験片を除錆処理してその重さを量り、試験前の試験片重量と比較して求められる値。腐食量ともいう。腐食により失われた材料の量を意味する。また、腐食減量は電気化学的手法による腐食電流密度の測定により推定されることもある。
腐食しろ	製品において、使用中の腐食によって失われることを予め想定して、その分だけ増しておく厚さ。
腐食生成物	腐食によって生成した物質。通常は固体物質を指し、材料表面に付着するか、または、環境中に分散して存在する。一般的には錆(さび)という。
腐食速度	単位時間および単位面積あたりの腐食減量。腐食度ともいう。一般には均一腐食が生じる場合の耐食性の指標であり、局部腐食が生じる場合には注意が必要である。
腐食疲労	腐食環境下で金属材料に繰返し応力が作用するときに疲労強度が大幅に低下して、き裂が生じて破壊に至る現象。
付着塩分	材料表面に付着した塩分。主に飛来塩分が付着することで発生する。海水の主要成分とほぼ同じ組成比であり、塩化マグネシウムを含むことから、吸水性が高く、材料表面を湿潤状態に保つ効果がある。そのため、付着塩分量が多くなると大気腐食が促進される。
不同沈下	構造物の不均一な沈下で、沈下形状は一体傾斜と変形傾斜に分類される。傾斜角、変形角、相対沈下量等で評価する。
べた基礎	上部構造の広範囲な面積内の荷重を単一の基礎スラブまたは梁と基礎スラブで地盤に伝える基礎。
変形角	構造物の途中から変化する傾斜角の相互の差。通常、それぞれの傾斜角の差をラジアンで示す。
防食	材料が腐食することの防止。
摩擦杭	主として周面摩擦で支持させる杭。
めっき	材料表面を金属や非金属の薄膜で被覆することにより、材料に他の性質を付加する表面処理法。被覆方法で、湿式めっき、熔融めっき、乾式めっきに分類できるが、本ガイドラインでは熔融めっきのみを扱っているため、熔融めっきを指す。
もらい錆	錆が雨等で流れて他に移り、錆が発生していないのに錆びているように見える状態。
盛土	自然斜面地盤の上に土を盛り上げて造成された地盤。
有義波高 $H_{1/3}$	時間によって波高が変化する不規則波を表現する代表波高であり、海洋分野の設計において一般的に用いられているもの。波

高、周期の不規則な波群中の個々の波から波高の大きい上位 1/3 を選び出して平均したものであり、 $H_{1/3}$  と表記される。

有効吹送距離 $F_{eff}$	水面上をほぼ一定風速、一定風向の風が吹いて波を発生させている区域の長さ。
陽極酸化処理	金属アノードとして、電解質水溶液の電気分解によって金属表面に酸化皮膜を生成させる表面処理方法。
陽極酸化皮膜	陽極酸化処理により生成した金属表面の酸化皮膜。
溶射	熔融した金属やセラミックスを高速で材料表面に吹き付けて皮膜を作る表面処理方法。
擁壁	切土または盛土等の安定を図るために、土圧に抵抗する壁体構造物。
リード線	電気回路において電源や電子部品などを電氣的に接続するための電線の総称。
粒度	土に含まれる大小粒子の混合の程度。
連続基礎・布基礎	一連の柱からの荷重を連続した基礎梁（またはフーチングおよび基礎梁）によって支持する基礎。

## 1.5 構造設計方針

1. 架台、フロート、係留部および部材間の各接合部は、稀に起こる地震・暴風・波浪・大雪に対して許容応力度設計を行うことを基本とする。
2. 地盤は、基礎および上部構造で想定された地震・暴風・大雪時の荷重（鉛直荷重、引抜き荷重、水平荷重）に対して十分な耐力を有し、かつ、有害な沈下・傾斜などを起こさないことを確認する。
3. 架台および基礎の長期耐久性に関する要求性能は、目標を定めて設計・施工および保全がなされるよう設計時に定める。
4. フロートは、自重、積載荷重（発電設備、アレイ架台、作業時荷重など）、外力（風、積雪荷重など）に対して、乾舷、傾斜などについて安全であることを確認する。
5. 係留部は、風、波などの適切な外力を想定し、係留アンカーおよび係留索が安全であることを確認する。
6. 水面に設置される太陽光発電システムは腐食、劣化などに対する自然環境が厳しいため、長期耐久性に関する要求性能は、目標を定めて設計・施工および保全がなされるよう設計時に配慮する。
7. 関係法令および各地方自治体による条例、施行規則およびこれらに基づく設置許可申請の手引きなどでの要求事項については、別途適合させる。
8. 設計図書を作成し、保管する。

フロート、架台および係留部の構造設計については、電気事業法、発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令（以下、「太技」）などの関連法令を遵守するとともに、発電用太陽電池設備の技術基準の解釈（以下「太技解釈」）、発電用太陽電池設備の技術基準の解釈の解説（以下「太技解釈の解説」）での要求を満足させることとする。また、設計にあたっては、J I S、建築基準関連法令、建築・土木・港湾の各種学会の基規準・指針などを参照する。フロートに作用する波力を考慮する場合、その波浪諸元の再現期間は50年とする。

## 1.6 電気設計方針

1. 電気事業法他、関連法令を遵守する。
2. 内線規程、配電規程、系統連系規程、J I S他関連の規格を参照して設計する。
3. 設計図書を作成し保管する。

電気設計方針については、電気事業法、電気設備に関する技術基準を定める省令ほか、関連法令を遵守するとともに、基本的な設計は、電気設備の技術基準の解釈（以下、電技解釈）、電気設備の技術基準の解釈の解説（以下、電技解釈解説）、内線規程、配電規程、系統連系規程、J I S、I E Cなどの関連法令を参照して設計する（参考になる基準、規格などの一覧は1.2にまとめる）。本ガイドラインでは、基本設計はこれらで行われるものとして、水上設置型太陽光発電システムに特化した部分に関する設計・施工項目についてのみ記載する。

水上設置型太陽光発電システムの火災リスクは、地上設置型と基本的には同様であるが、感電リスクについては、水上であるため水分の多い環境であること、一定の動揺があることから、下記のとおり設計方針とした。

- 電気設備に接触するのは、「取扱者」のみであるため、基本的には地上設置と同様な考え方とする。なお、電気の専門家ではない関係者（水面利用の権利者、ため池などの施設所有者及び管理者など）は、設計者、施工者、保守点検事業者から説明、教育や講習を受けるなどにより感電リスクを認識しているものとして、「取扱者」とする。
- 地上設置よりも環境負荷（水分や動揺）が大きいため、電気設備としての安全性を高める措置を推奨する。また、取扱者は地上設置と異なる労働環境に関して配慮する。

## 1.7 施工管理方針

1. 労働安全衛生法などの関係法令を遵守する。
2. 係留部の施工は、国土交通省港湾工事共通仕様書など、同種・類似の工種を参考に、品質管理、出来形管理、工程管理を行う。
3. 予め現地の状況を確認した上で、施工計画を立案し、安全性はもとより周辺環境への悪影響が発生しないよう施工する。
4. 電気工事完了後、使用前の竣工試験により、計画に従って工事が行われたことおよび電気設備技術基準に適合するものであることを確認する。
5. 現地状況を踏まえた実際の施工結果を竣工図書としてとりまとめる。図化できない範囲については写真にて記録する。
6. 施工中、災害の発生防止、環境保全に努める。

太陽光発電システムの設置工事に当っては、関連する諸法令および条例を遵守し、工事の円滑な進捗に努めなければならない。関係する諸法令・条例などにより、行政機関などへの手続きが必要な場合は、遺漏・遅延なく手続きを行うものとする。有資格者の配置や使用機械などについての規定がある場合についても、これらを遵守する。

公共の建築・土木工事と同様に、安全管理、品質管理、出来形管理、工程管理の視点で管理を行う。水上、水中での施工にあたり作業者の安全性だけでなく、周辺環境への悪影響を与えることがないように施工計画を立て、管理する。

供用後の維持管理においては、対象施設の竣工図書が必要であり、当該施設が撤去されるまで竣工図書は保管する。出来形などの図化が困難な場合には、写真などで記録を残すことが重要である。

電気工事完了後、計画に従って工事が行われたことおよび電気設備技術基準に適合するものであることを確認するために、使用前の竣工試験を行う必要がある。試験項目については、経済産業省の使用前・定期安全管理審査実施要領<sup>1-1)</sup>や使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈<sup>1-2)</sup>、また、民間のガイドラインである太陽光発電システム保守点検ガイドライン<sup>1-3)</sup>、自家用電気工作物保安管理規程<sup>1-4)</sup>を参考とすることが望ましい。

太陽光発電システムの完成時だけでなく、施工中においても増水や洪水による資機材流出などの災害発生防止に努めなければならない。環境保全のため、関係する諸法令・条例などを遵守し、工事の施工により発生する恐れのある騒音、振動、大気汚染、水質汚濁などの防止対策を行う。

### 参考文献

1-1) 経済産業省: 使用前・定期安全管理審査実施要領、

[https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/law/files/170331shiyoumae.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/170331shiyoumae.pdf)

1-2) 経済産業省: 使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈、

[https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/law/files/73-4kaisyaku.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/73-4kaisyaku.pdf)

- 1-3) 一般社団法人日本電機工業会、一般社団法人太陽光発電協会: 太陽光発電システム保守点検ガイドライン、2019.
- 1-4) 一般社団法人日本電気協会: 自家用電気工作物保安管理規程 JEAC8021-2018、2018.

## 2. 被害事例

### 2.1 強風被害

1. 強風により、フロート間を接続する金具が折損し、フロートがめくれ上がる事象が発生した。
2. 強風により、アンカーと係留索で接続されていないフロートの一部が反転した。
3. 強風により、アイランドに偏荷重が発生しフロートが流され、複数個所から発火した。  
フロート、アンカー、係留ワイヤー、およびそれらを連結する接合部について、風荷重に耐えられるよう、適切に設計・施行することが必要である。

#### 被害事例（1）

強風によってフロートが押し流され、数 m の岸をせり上がった。その過程で、架台と架台の連結部分が部分的に外れ、一部がバラバラになって湖面や岸に飛散した。



写真提供：佐賀新聞社（2019年9月30日）

#### 被害事例（2）

強風によりフロート架台が激しく揺れた結果、外周部分のフロート架台が部分的にめくれ上がって反転し、2割弱の太陽電池モジュールが損傷した。外周部のフロート架台は係留索でアンカーと接続されているが、アンカー数が少なく、係留索接続箇所から離れたフロート架台がめくれ上がった。



写真提供：メガソーラービジネス（日経BP）（2018年10月4日掲載）

### 被害事例 (3)

10 MW 以上のサイズの大きいアイランドで、強風によりフロート架台が折り重なるように損壊し、複数箇所から発火した。アイランドが大きく形状も複雑であったため、風力や波力により偏荷重が発生し、特定個所に設計値以上の応力が集中し、アンカーおよび係留ワイヤーが外れた。



出典：新エネルギー発電設備 事故対応・構造強度ワーキンググループ

### 3. 構造設計・施工計画

#### 3.1 設計フロー（構造）

1. 構造設計の計画は、図 3-1 に示すフローを参考に進める。
2. 過去の被災事例を参考に、地域特性、自然・環境特性を考慮して計画を進める。
3. 供用期間にわたって要求性能を満足するよう、設計段階において維持管理計画を作成する。

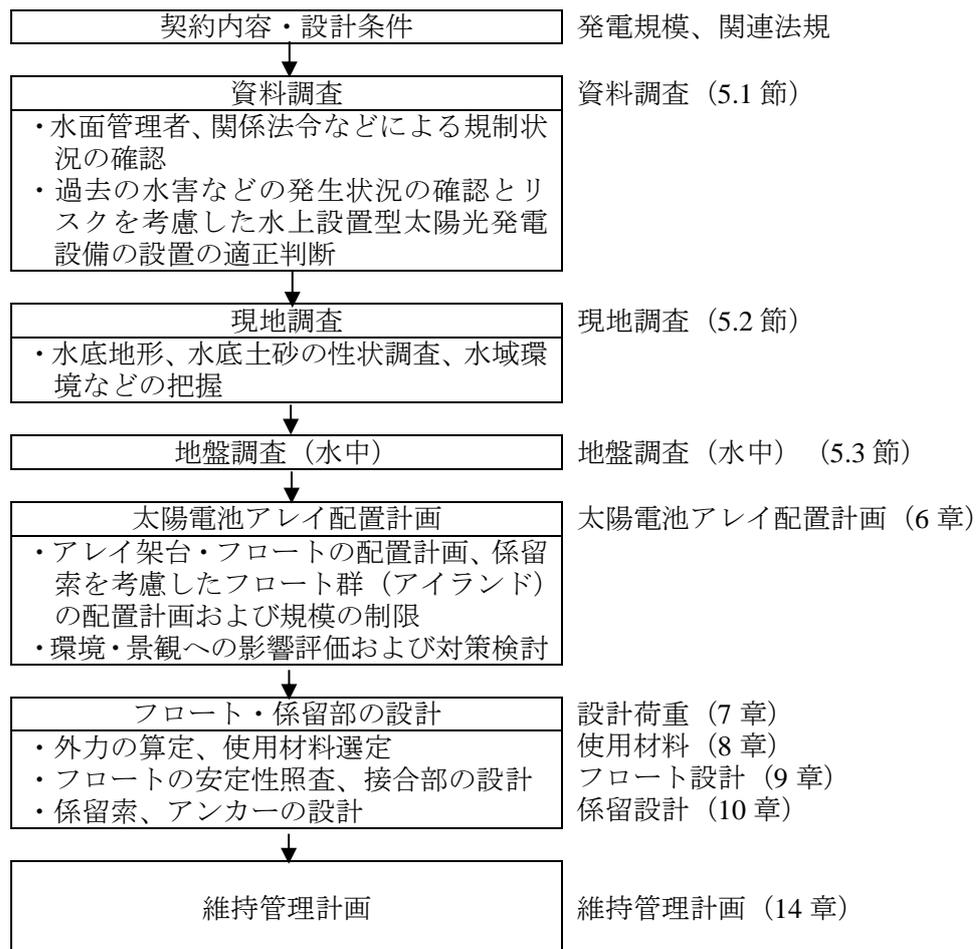
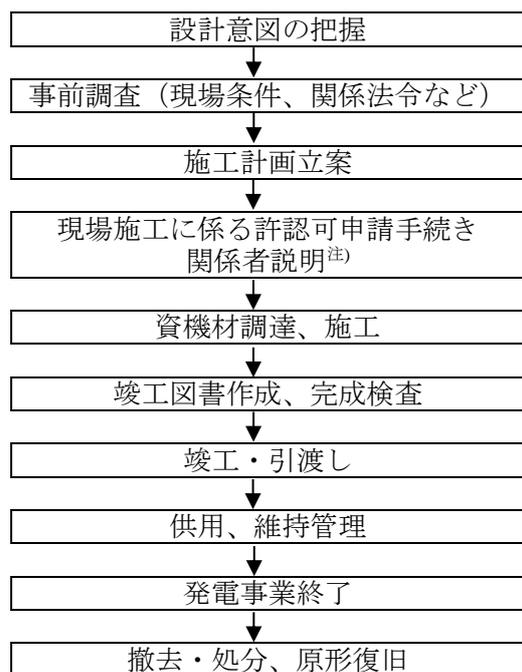


図 3-1 構造設計フロー

### 3.2 施工フロー（構造）

1. 施工は、図 3-2 に示すフローを参考に進める。
2. 施工に先立ち、設計意図を把握するとともに、現場条件を考慮した施工計画を立案する。
3. 法令などを確認し、関係官公庁などへの許認可申請手続きを行う。
4. 供用後の撤去計画を立案する。



注)：ここでの関係者説明は、現場施工に係る着手前説明を示し、必要に応じて実施するものとする。太陽光発電事業に係る関係者説明は、計画段階において実施する。

図 3-2 施工フロー（構造）

## 4. 電気設計・施工計画

### 4.1 設計フロー（電気）

1. 企画、立案として、導入目的、設備規模、関連法令を調査する。
2. 設計として、基本設計、詳細設計、法令諸手続きを実施する。

図 4-1 に示す設計フローを参照することが望ましい。

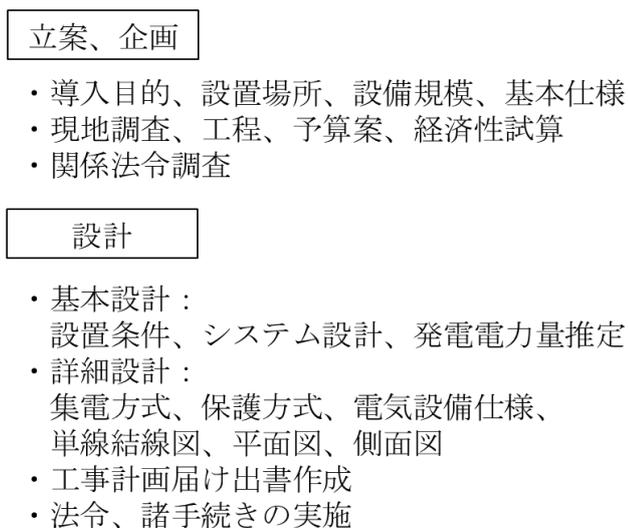


図 4-1 電気設計フロー<sup>4-1)</sup>

### 4.2 施工フロー（電気）

1. 付託、資材発注を行う。
2. 据え付け工事を行う
3. 自主点検を行う。

図 4-2 に示す施工フローを参照して作成する。

発注・諸手続き

付託

- ・仮設電源引き込み工事
- ・土木電気工事

資材発注

- ・主要機材等

関連法令、諸手続き

設備認定申請手続き

施工

- ・モジュール据え付け結線
- ・PCS、連系設備据付、試験

自主検査

- ・使用前自主検査

図 4-2 施工フロー（電気）<sup>4-1)</sup>

参考文献

4-1) 一般社団法人太陽光発電協会: 公共・産業用太陽光発電システム手引書、2010.

## 5. 事前調査

事前調査は、資料調査、目視による現地調査、水中の地盤調査および水質・流域の調査を基本とする。

### 5.1 資料調査

1. 国土地理院発行の地形図や土地条件図、ハザードマップなどの地図資料、既往地盤調査資料および各種文献などを用いて係留設計に必要な水底地盤の情報を収集する。
2. 地名や植生などは、地域に固有な地盤条件を知る資料として有用である。
3. 設置計画水面が自然地形によるものか人工的に整備されたものかを確認した上で、発生しうる水位変動に係る情報を収集する。
4. 設置計画水面の管理者ならびに関係法令による規制適用状況を確認する。

国土地理院発行の地形図などのほか、設置計画水面ができた経緯や周辺堤防などの築造時期や構造、適用技術基準、水位条件などについて文献調査を行う。

設置計画水面が位置する行政機関などへのヒアリングを行い、適用法令や規制状況を調査する。

過去の水害などの発生状況も調査し、想定しうるリスクについても確認した上で、水上設置型太陽光発電システムの設置の適否を判断する必要がある。

### 5.2 現地調査

1. 調査地を中心として周辺の観察を行い、資料調査の結果と照合しながら水面外周の堤防などの形状、構造、地盤状況などを把握する。
2. 事前の資料調査で把握できない水底地形は現地調査により把握する。

水上設置型太陽光発電システムの設置にあたっての重要な調査項目は、方角、傾斜度・向き、平坦度、前面道路（幅員）、障害物の有無、隣地の利用状況、海岸からの距離、系統連系を行う地点などである。

- ① 水上設置型太陽光発電システム設置箇所における水深は、水面と水底地形との関係から把握することができ、係留設計における重要な設計条件となるので、予め調査し、把握しておくことを原則とする。
- ② 水底地形の調査には、船外機船やラジコンボートなどの小型船に音響測深機を艀装して行う深浅測量か、調査船上より調査員が行うレッド測量がある。測量時の水面の高さをT.P.表示にて把握するとともに、水面と水底間の高さ関係を明確にし、水底地形についてもT.P.表示にて把握することが重要である。
- ③ 深浅測量の具体的な方法は、海洋調査技術マニュアルー深浅測量編ー<sup>5-1</sup>)を参考にすると良い。

### 5.3 地盤調査（水中）

1. 水上設置型太陽光発電システムの係留設計では、事前調査結果を踏まえて地盤調査を実施し、設計に必要な地盤工学的性状に関する情報を収集する。
2. 事前の資料調査で把握できない水底地形ならびに水底土砂の性状は、現地調査により把握する。

水上設置型太陽光発電システムでは、水際線付近の陸域にパワーコンディショナなどの電気設備を設置する事が想定されるため、その基礎設計に必要な陸域部の地盤調査もあわせて行う必要がある。水上設置型太陽光発電システムの設置箇所における水底土砂性状は、係留設計における重要な設計条件となるので、予め調査し把握しておくことを原則とする。水底土砂の性状を把握するには、底質採取を行い、目視観察を行うとともに必要に応じ室内試験を行うことが望ましい。底質採取には、調査船上より採泥器を用いて底質採取と、潜水士による目視調査と採泥がある。底質採取の具体的な方法は、海洋調査技術マニュアル－水質・底質調査編－<sup>5-2)</sup>を参考にすると良い。

### 5.4 水質・流域の調査

1. 水上設置型太陽光発電システムの設置による水環境などへの影響を評価するには、事前に計画水面および接続水面など、周辺の水質などの現状把握に努める。
2. 暴風や水害などにより発電設備が流出した場合に影響が想定される接続水面ならびに水門・樋門などの水面管理施設などについて調査する。

結果を踏まえて適地であるかどうかの判断を行い、計画地を見直すことも必要である。

#### 参考文献

5-1) 海洋調査協会: 海洋調査技術マニュアル 深淺測量編、2020.

5-2) 海洋調査協会: 海洋調査技術マニュアル 水質・底質調査編、2008.

## 6. 太陽電池アレイ配置計画

### 6.1 全体配置計画

1. 事業計画条件、自然環境条件、環境・景観などへの配慮を踏まえて計画する。
2. 水上設置型太陽光発電システムに使用されるアイランド（フロート群）は、水面上を移動するため、特定の係留索に荷重が集中した場合にあっても、その安全性が確保されるよう、フロート群の大きさ・形状と係留索の配置を計画する。

水上設置型太陽光発電システムでは水面を有効かつ効率的に使用するため、限られた水域に多くのフロート群を配置することとなる。このフロートは単体では小型のものを多行列に複数連結してアイランド（フロート群）を構成している。アイランドは水位変動への追従などを考慮し、水底あるいは陸域に設置されたアンカーに係留索を用いて係留されることが多い。このため、風、波などによる外力作用時にフロート群は水面上を移動し特定の係留索に荷重が集中することがある。2019年に発生した千葉県山倉ダムの水上設置型太陽光発電システムの被災はこの現象により、係留アンカーの引抜きに至ったものである。このような事故を未然に防止するため、水理実験や数値解析により検証を行い、フロート群の連結数を制限しアイランドの大きさを小さくする、あるいはアイランドを矩形などの単純な形状とするなど、外力の集中対策を講じる必要がある。

### 6.2 アレイ面の傾斜角と離隔距離

1. 当該設置環境での発電電力量と建設コストの最適なバランスを考慮して、アレイ面の方位と傾斜角度およびアレイ間の離隔距離を設定する。
2. 離隔距離は、冬至の9時および15時の日陰長さを目安に設定されるが、保守通路の確保についても配慮する。
3. アレイ面の傾斜角度は、風圧荷重などの荷重への影響も考慮して設定する。

水上設置型太陽光発電システムのアレイ面の傾斜角度と離隔距離はフロートの仕様によって決定されることが多い。大型フロートに架台を取り付ける仕様の場合には、一般的な地上設置型太陽光発電システムと同様の配慮が必要である。その場合には、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019年版<sup>6-1)</sup>の3.8節「配置計画（ラフプラン）」が参考となる。

### 6.3 環境・景観対策（配慮項目程度）

1. 水上設置型太陽光発電システムの設置による水環境や景観などの変化について、事前調査結果ならびに既往の知見などをもとに悪影響を及ぼさないことを、計画段階において確認する。
2. 周辺環境への配慮事項は、関連法令および各地方自治体の環境影響評価条例のほか、事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）<sup>6-2)</sup>、太陽光発電の環境配慮ガイドライン<sup>6-3)</sup>を参考とする。

水上設置型太陽光発電システムでは、その規模にかかわらず、環境、景観に配慮することとする。太陽光発電システムの設置に伴い、景観への影響、反射光による生活環境への影響などの問題が生じる事例が近年増加している。地域住民とのトラブルになる事例も報告されており、重要な動植物の生息・生育環境の改変などによる自然環境への影響なども懸念されている。比較的水深が浅い湖沼などにおいては水面・水中への入射光が減ると水質が悪化する事例などが報告されている。水面の景観を保全するため、太陽電池モジュールの設置面積が水面の面積の概ね 50 %以下とする規定を設けている事例もある。

水上設置型太陽光発電システムの設置により環境への悪影響が生じないように留意する必要がある。太陽光発電システムの設置に当っては、予めこれらの影響などについて事前調査および検討を行い、必要な対策を講じる必要がある。周辺環境への配慮事項については、各地方自治体の環境影響評価条例のほか、事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）<sup>6-2)</sup>、太陽光発電の環境配慮ガイドライン<sup>6-3)</sup>を参考とすることができ、例として次の項目が挙げられる。

表 6-1 太陽光発電に係る環境配慮事項など

配慮事項	想定されるリスク
騒音	・ パワーコンディショナなどから発生する騒音により、地域住民とトラブルが生じる。
反射光	・ 太陽光パネルの反射光により、地域住民とトラブルが生じる。
工事に関する粉じんなど、騒音・振動	・ 工事用車両などによる粉じん、騒音・振動により、事業区域周辺環境への悪影響が生じる。
景観	・ 良好な景観が阻害、破壊される。
動物・植物・生態系	・ 重要な動植物の生息・生育場所の消失・縮小や生態系への悪影響が生じる。 ・ 水質や水環境の変化により、生態系に悪影響を与える。
自然との触れ合いの活動の場	・ 自然との触れ合い活動の場が消失・縮小し、地域生活の快適性・利便性に悪影響が生じる。

自治体の条例においては、上記の対策として、植栽・塀などの遮蔽措置、水面の整備面積の上限設定、低彩度の工作物の使用などを規定している事例もある。

#### 参考文献

- 6-1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019年版、2019.
- 6-2) 経済産業省：資源エネルギー庁：事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）、2021.
- 6-3) 環境省：太陽光発電の環境配慮ガイドライン、2020.

## 7. 設計荷重

### 7.1 想定荷重と荷重の組み合わせ

1. 設計荷重は、JIS C 8955:2017「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算定方法」<sup>7-1)</sup>に準じて算定する。ただし、公共工事標準仕様書などで指定があった場合、それに従う。
2. 太陽電池架台および係留部の設計で想定する荷重は、上部構造に作用し係留部に伝達される固定荷重・積雪荷重・風圧荷重・地震荷重のほか、係留アンカーに直接作用する固定荷重、土圧・水圧、地震荷重、その他の荷重とする。
3. 原則として考慮する荷重は、自重、載荷重（機器、作業員）および風圧荷重、波力とする。
4. 必要に応じ考慮する荷重は、積雪荷重、地震荷重および流れや水面凍結によって生じる荷重とする。
5. 各荷重の組合せは、表 7-1 に従う。

表 7-1 荷重条件と荷重の組合せ

荷重条件		一般の地方	多雪区域
長期	常時	$G$	$G$
	積雪時		$G + 0.7S$
短期	積雪時	$G + S$	$G + S$
	暴風時	$G + W$	$G + W$
			$G + 0.35S + W$
	波浪時	$G + W + H$	$G + W + H$
			$G + 0.35S + W + H$
地震時	$G + K$	$G + 0.35S + K$	

$G$  : 固定荷重、 $S$  : 積雪荷重、 $W$  : 風圧荷重、 $K$  : 地震荷重、 $H$  : 波力

水上設置型太陽光発電システムが設置される水面は閉鎖域が多く、発生する波高が小さいこと、使用するフロートは比較的浅喫水であり受圧面が小さいことから、フロートに作用する波力は小さい。水面上の設備に作用する風圧力に比べ小さいことから、波力を考慮していない事例も見受けられる。しかしながら、風上からフロート群までの水面距離、すなわち吹送距離が大きい場合、発生波高は数 10 cm に発達し（例えば、有効吹送距離  $F=0.1$  km、水面上 10 m の風速  $U_{10}=30$  m/秒の場合、発生する有義波高は  $H_{1/3}=23$  cm と試算される）、フロート群の外縁部に波力が作用することから、波力を考慮することを原則とした。

## 7.2 固定荷重

1. 固定荷重は、太陽電池モジュールの質量と支持物（架台、フロート、係留線）の質量の総和とする。
2. フロート上にパワーコンディショナ、配線、その他の機器などが固定されている場合には、それらの質量も加算する。

フロート浮力を検討するためには、固定荷重の見積もりが重要である。フロートには太陽電池モジュールや架台のほかに係留線の浮力分を差し引いた質量も付加される。また、パワーコンディショナや配線などが固定されている場合には固定荷重が増加するため、それらの質量を加算する必要がある。特に、パワーコンディショナなどの固定荷重は局所的に作用するので、それらが取付けられるフロートの固定荷重に算入する。

## 7.3 風圧荷重

1. 太陽電池アレイ用支持物の設計用風圧荷重は、式 (7.1) に示すアレイに作用する風圧荷重  $W_a$  と式 (7.2) に示す支持物構成材などに作用する風圧荷重  $W_b$  の両方を考慮する。
2. アレイの風圧荷重はアレイ（太陽電池モジュール）面に垂直に作用することとし、支持物構成材などの風圧荷重は水平に作用することとしてもよい。なお、支持物構成材などには、支持物に付帯するパワーコンディショナや接続箱なども含まれる。
3. アレイ面の風力係数  $C_a$  は風洞実験によって設定する。ただし、フロート上に架台を設けてアレイを構成するシステムでは JIS C 8955:2017<sup>7)</sup> に示された風力係数を用いてもよい。
4. 太陽電池モジュールとフロートが一体となっているシステムでは、太陽電池モジュールと支持物構成材を一体の形状としての風力係数を設定することとし、その風力係数は風洞実験によって設定する。
5. フロート群を構成する場合には、フロート単体およびフロート群に作用する風圧荷重を算定する。
6. フロート単体の風圧荷重は、抗力（風方向の力）だけでなく、揚力（浮き上がり方向の力）およびピッチングモーメント（捲れる方向のモーメント）についても検討する。
7. フロート群の風圧荷重は、風方向への列ごとの荷重負担を考慮して設定する。

$$W_a = C_a \times q_p \times A_a \dots\dots\dots(7.1)$$

$$W_b = C_b \times q_p \times A_b \dots\dots\dots(7.2)$$

ここに  $W_a$  : アレイ面の設計用風圧荷重 (N)  
 $W_b$  : 支持物構成材の設計用風圧荷重 (N)  
 $C_a$  : アレイ面の風力係数  
 $C_b$  : 支持物構成材の風力係数  
 $q_p$  : 設計用速度圧 (N/m<sup>2</sup>)

$A_a$  : アレイ面の受風面積 (m<sup>2</sup>)

$A_b$  : 支持物構成材の鉛直投影面積 (m<sup>2</sup>)

※  $C_b$ 、 $q_p$  は JIS C 8955:2017<sup>7-1)</sup>による。

水上設置型太陽光発電システムは、通常、フロート群（アイランド）として設置されるので、フロート群内の位置（風上側からの列数）によって風圧荷重が変化する。一般的には1列目の風圧荷重が最も大きくなり、後列では風圧荷重が小さくなるため、その傾向を把握したうえで、アイランド全体の風圧荷重を設定する必要がある。なお、風上側1列目のフロートにおいては、強風によって捲れ上がる事故が発生していることから、抗力（風方向への風力）だけでなく、揚力（上方向への風力）やピッチングモーメント（捲れ方向へのモーメント）についても把握しておくことが重要である。

太陽電池モジュールとフロートが一体型のシステムにおいては、フロートの形状が風力に与える影響が大きいため、太陽電池モジュールとフロートを一体のものとして風圧荷重を設定する必要がある。現時点ではその風力特性が把握されていないため、風洞実験により風力係数を求めることとした。なお、風洞実験の実施に当たっては、フロート単体（フロート上の太陽電池モジュールやアレイを含む）の風力特性だけでなくアイランド全体の風力特性（列ごとの荷重負担割合など）についても把握できる測定を行う必要がある。また、風洞実験では自然風の気流特性の再現や縮小模型を使用した場合の実験相似則の考慮など、専門的な知識を要するため、専門家の指導のうえ実施する必要がある。なお、風洞実験方法の検討に当たっては、次の文献を参考にする。

- 「太陽光発電システム耐風設計マニュアル」、太陽光発電システム風荷重評価研究会編、日本風工学会・東京工芸大学風工学研究拠点、2017年2月<sup>7-2)</sup>
- 「実務者のための建築物風洞実験ガイドブック」、日本建築センター、2008年<sup>7-3)</sup>

また、大型のフロートに架台を設けて太陽電池モジュールを設置するシステム（写真 7-1）では、その形状が一般的な地上設置型太陽光発電システムに近いので、JIS C 8955:2017<sup>7-</sup>りに示された風力係数を適用することができる。ただし、フロートの水上部分にも風力が作用するので、その部分に作用する風圧荷重も適切に設定する必要がある。



写真 7-1 大型フロートを用いたシステム

## 7.4 積雪荷重

1. 設計用積雪荷重は、式(7.3)によって算出する。
2. ひとつのフロートの水平投影長さが 10m 以上かつ有効な排水口がない場合、平成 19 年国土交通省告示第 594 号に従って割増荷重を考慮する。

$$S_p = C_s \times P \times Z_s \times A_s \times 100 \dots\dots\dots(7.3)$$

ここに  $S_p$  : 積雪荷重 (N)  
 $C_s$  : 勾配係数  
 $P$  : 雪の平均単位荷重 (積雪 1cm 当たり N/m<sup>2</sup>)  
 $Z_s$  : 地上垂直積雪量 (m)  
 $A_s$  : 積雪面積 (アレイ面の水平投影面積) (m<sup>2</sup>)  
※ $C_s$ 、 $P$ 、 $Z_s$ は JIS C 8955:2017<sup>7-1)</sup>による。

一般的な水上設置型太陽光発電システムでは、アレイ面の高さが低くアレイ面上の積雪を確実に滑落させるだけの高さがないので、勾配係数  $C_s$  は 1.0 を採用することになる。また、アレイ面だけでなくフロート上にも積雪するため、積雪面積はアレイ面とフロートの水平投影面積とした。なお、フロート間の隙間が小さい場合には、その部分に積雪することも考えられるので、積雪面積を適切に設定し積雪荷重を算定する。

また、一般の地方 (多雪区域以外の区域) に設置される大型フロートの太陽光発電システムの場合には、積雪後の降雨による荷重増加についても配慮する。

## 7.5 地震荷重

1. 水面部に設置するフロート、係留索の設計には地震荷重を考慮しなくて良い。
2. 係留アンカーおよび陸上部に設置する設備などは、地震荷重を考慮する。

水面上に浮遊しているフロートに対しては、直接地震力が作用しないため、フロート、係留索には地震荷重を考慮しなくて良いものとした。

水底あるいは陸上部に設置する係留アンカーについては地盤に設置しているため、適切に地震荷重を考慮するものとする。ただし、一般にレベル 1 地震動を対象とした建築・土木施設の耐震設計で考慮する地震荷重は自重の 0.2~0.3 倍程度を見込むことが多いが、重力式係留アンカーの摩擦抵抗と比べて小さいと考えられる。このことから、係留アンカーの必要質量は暴風時や波浪時の荷重によって決定されるため、地震荷重に対する照査は省略しても良いものとする。

ただし、水深が浅く、対岸距離が短い水面においては、スロッシング (周期的な揺れによって発生する水面の動揺) が発生することもあるため、その影響については必要に応じ、別途検討する。

## 7.6 波力・動揺（繰返し荷重を含む）

1. フロートに作用する波力は、水理実験や数値解析などにより評価する。
2. フロート間接合部、係留部の設計においては、動揺による影響が生じると想定される場合、水理実験や動揺シミュレーションなどを行い、動揺により発生する荷重を評価する。

水上設置型太陽光発電システムに使用する浅喫水のフロートに作用する波力の算出方法が明確でないため、水理実験や数値解析により算出することを原則とする。

ただし、風圧荷重に比べ小さいこともあり、簡易的に算出する方法として、漁港の浮棧橋やマリーナのプレジャーボート用浮棧橋設計マニュアル<sup>7-4)</sup>などに示されている比較的浅喫水の小型浮体に対する波力算出方法を参考にすることができる。

波力算出に用いる波浪諸元は、有義波高  $H_{1/3}$  を原則とし、再現期間は JIS C 8955:2017<sup>7-1)</sup> の風速の再現期間に合わせ 50 年とする。国内の水上設置型太陽光発電システムが設置されている水面は、ため池や湖など、閉鎖水域であることから、波力算出に用いる有義波（波高、周期）諸元は、港湾の施設の技術上の基準・同解説<sup>7-5)</sup> に示されている有義波高による波浪推算方法である「S.M.B.法」を用いて算出しても良いものとする。

フロートの動揺によりその接合部などには、作用する繰返し荷重によって、疲労破壊が発生することも想定される。必要に応じ、周辺の気象観測データなどをもとに風、波浪などによる外力の発生頻度を整理・分析し、疲労破壊の検討を行うことが望ましい。

フロートに作用する波力や動揺について、水理実験や数値解析により検討する場合、特殊な施設・設備や専門的知識・技術を必要とするため、専門家の協力を得て実施することが必要である。

有義波諸元の算出方法、波力算出方法の事例を以下に示す。

### (1) 波力算定に用いる有義波（波高、周期）諸元の算出方法（S.M.B.法）<sup>7-5)</sup>

S.M.B.法は、風速  $U_{10}$ （水面上 10 m における風速）、吹送距離  $F$  をパラメータとして有義波高  $H_{1/3}$  と有義波周期  $T_{1/3}$  を推定するものであり、次式にて表される。

$$gH_{1/3}/U_{10}^2 = 0.30 \left[ 1 - \left\{ 1 + 0.004(gF/U_{10}^2)^{1/2} \right\}^{-2} \right] \dots\dots\dots (7.4)$$

$$gT_{1/3}/(2\pi U_{10}) = 1.37 \left[ 1 - \left\{ 1 + 0.008(gF/U_{10}^2)^{1/3} \right\}^{-5} \right] \dots\dots\dots (7.5)$$

ここに、

$H_{1/3}$  : 有義波高 (m)

$T_{1/3}$  : 有義波周期 (s)

$F$  : 吹送距離 (m)

$U_{10}$  : 水面上 10 m での風速 (m/s)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

なお、式(7.4)、式(7.5)に与える吹送距離  $F$  については、式(7.6)で求められる有効吹送距離  $F_{\text{eff}}$  を用いる。

$$F_{\text{eff}} = \sum F_i \cos^2 \theta_i / \sum \cos \theta_i \dots\dots\dots (7.6)$$

ここに、

$F_{\text{eff}}$  : 有効吹送距離 (km)

$F_i$  : 波の算出点から  $i$  番目の方向への対岸距離 (km)

$\theta_i$  : 対岸距離  $F_i$  の方向と主風向とのなす角度 (度)  $-45 \text{ 度} \leq \theta_i \leq 45 \text{ 度}$

有効吹送距離  $F_{\text{eff}}$  の算出に当っては、フェッチ線を作図し主方向に対して  $\pm 45$  度の方向からの影響を考慮して設定する。大まかな作業手順は次のとおりである。

- ① 算出する波の主方向  $\theta$  を決定する。
- ② 主方向より  $\pm 45$  度の範囲まで 5 度間隔でフェッチ線を引く。フェッチ線の取扱は次のとおり。
  - (a) フェッチ線が 2 本以上連続して掛かる島については、フェッチ線をその島で止める。
  - (b) フェッチ線が 1 本しか掛からない島については、フェッチ線を止めずに通過させる。
  - (c) 全体として一つの島とみなせる複数の島があり、フェッチ線がこれらに連続して掛かる場合は、フェッチ線をその島で止める。
- ③ 各方向にフェッチ  $F_i$  を読み取る (単位 : km) 。
- ④ 式(7.6)により有効吹送距離  $F_{\text{eff}}$  を設定する。

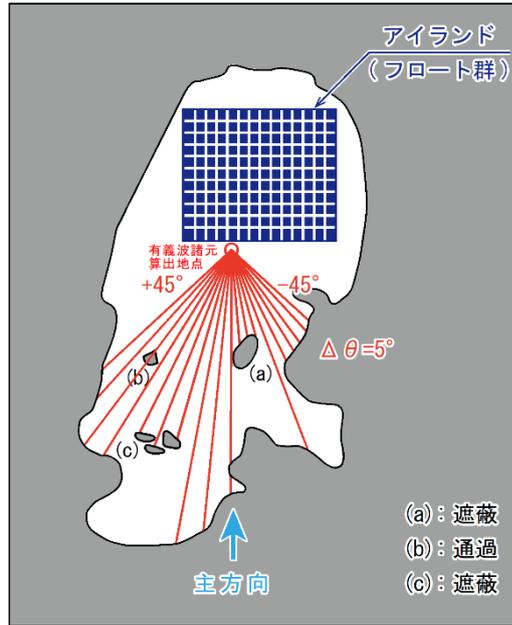


図 7-1 フェッチ線の作図イメージ

なお、式(7.4)、式(7.5)に与える水面上 10 m での風速  $U_{10}$  は、周辺の気象観測データを収集し統計処理により、再現期間 50 年の風速を設定する方法がある。具体的な方法は港湾の施設の技術上の基準・同解説 7-5)の極値波浪の統計処理の手法を参照すると良い。また、気象観測データの風況観測高さを確認し、高さ補正を適切に行う必要がある。

(2) 比較的浅喫水の小型浮体に対する波力算出方法の例 7-4, 7-6)

マリーナのプレジャーボート用浮棧橋設計マニュアルなどに示されている比較的浅喫水の小型浮体に対する波力算出方法の事例を示す。

浮体に作用する波力は、波高の差（波の山部と谷部の水位差）による静水圧の値として算出している。

$d > 1/2 \cdot H_{1/3}$  の場合

$$F_s = \omega_0 \cdot H_{1/3} \cdot L \cdot d \quad : B > L_A/2 \dots\dots\dots (7.7)$$

$$F_s = 2 \cdot \omega_0 \cdot H_{1/3} \cdot L \cdot d \cdot B/L_A \quad : B \leq L_A/2 \dots\dots\dots (7.8)$$

$d \leq 1/2 \cdot H_{1/3}$  の場合

$$F_s = 1/2 \cdot \omega_0 \cdot (H_{1/3}/2 + d)^2 \cdot L \quad : B > L_A/2 \dots\dots\dots (7.9)$$

$$F_s = \omega_0 \cdot (H_{1/3}/2 + d)^2 \cdot L \cdot B/L_A \quad : B \leq L_A/2 \dots\dots\dots (7.10)$$

ここに、

$d$  : 浮体の喫水 (m)

$F_s$  : 浮体に作用する波力 (kN)

$H_{1/3}$  : 設計波高 (有義波高) (m)

$\omega_0$  : 水の単位体積重量  $\rho_0 g$  (kN/m<sup>3</sup>) (淡水の場合 10.0 kN/m<sup>3</sup>)

- $L$  : 浮体の長さ（波の進行方向に直角な長さ）(m)  
 $B$  : 浮体幅（波の進行方向に対する長さ）(m)  
 $L_A$  : 波長 (m)

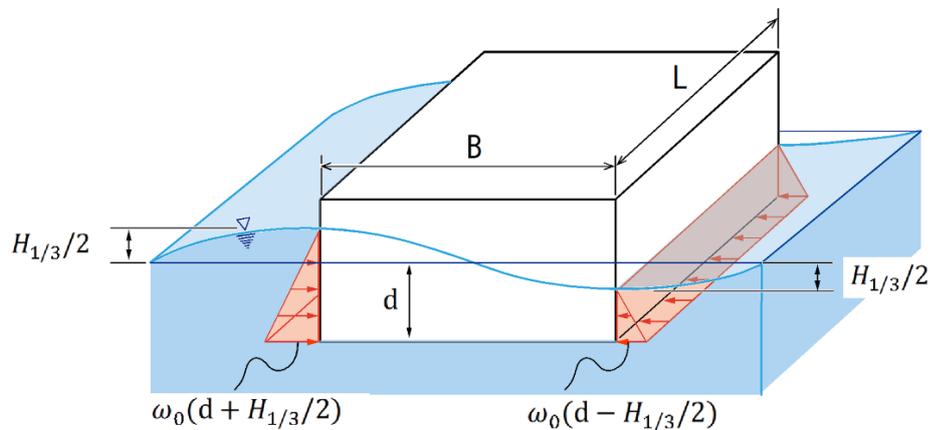


図 7-2 浮体に作用する波力（静水圧差）

## 7.7 水面凍結による荷重

1. 水面凍結により、フロートや係留索に荷重が作用する場合、その荷重を考慮する。

水面が凍結すると、フロートの側面には大きい圧力が発生する。その圧力は、凍結した面積や氷層厚さにより変化するので、当該設置環境における水面凍結の状況について調査し、凍結の可能性がある場合にはその荷重を適切に考慮する。また、水面凍結が係留索に与える影響についても検討する。

### 参考文献

- 7-1) 日本規格協会: JIS C 8955:2017 太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算定方法、2017.  
 7-2) 太陽光発電システム風荷重評価研究会編: 太陽光発電システム耐風設計マニュアル、日本風工学会・東京工芸大学風工学研究拠点、2017.  
 7-3) 日本建築センター: 実務者のための建築物風洞実験ガイドブック、2008.  
 7-4) 一般社団法人日本マリーナ・ビーチ協会: プレジャーボート用浮棧橋設計マニュアル、2018.  
 7-5) 公益社団法人日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の規準・同解説、2018.  
 7-6) 全国漁港漁場協会: 漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015年版、2016.

## 8. 使用材料

### 8.1 鋼材

1. 架台に使用される鋼材は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。また、使用される目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して選定する。
2. 建築系、土木系の各種技術基準などに示されている J I S 規格に基づく材料を使用する場合、技術基準などに示されている断面性能諸元などの特性値を使用することができる。
3. 水面あるいは水中に設置する場合は、鋼材などの腐食環境が厳しいことから、腐食量を適正に見込むか腐食対策を講じる。

鋼材の材質・形状・寸法は、原則として鋼構造設計規準—許容応力度設計法—<sup>8-1)</sup>および軽鋼構造設計施工指針・同解説<sup>8-2)</sup>に従い、適切に選定する。鉄筋は、特別の場合を除き、JIS G 3112「鉄筋コンクリート用棒鋼」<sup>8-3)</sup>に従い、適切に選定する。金網は、JIS G 3551「溶接金網及び異形鉄筋格子」<sup>8-4)</sup>に従い、適切に選定する。ステンレス鋼などの特殊鋼については、その強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

鋼構造設計規準—許容応力度設計法—<sup>8-1)</sup>および軽鋼構造設計施工指針・同解説<sup>8-2)</sup>に記載がない、もしくは海外規格などの鋼材についてはその強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

### 8.2 アルミニウム合金材

1. 架台に使用されるアルミニウム合金材は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。また、使用される目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して選定する。

アルミニウム合金材の材質・形状・寸法は、原則としてアルミニウム建築構造設計規準・同解説<sup>8-5)</sup>に従い、適切に選定する。アルミニウム建築 構造設計規準・同解説<sup>8-5)</sup>に記載がない、もしくは海外規格などのアルミニウム合金材についてはその強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

### 8.3 コンクリート（独立基礎に使用）

1. コンクリート材料は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。また、使用される目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して、コンクリートの規格・仕様を選定する。

架台に使用されるコンクリート材料の種類および品質は、原則として建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事<sup>8-6)</sup>またはコンクリート標準示方書<sup>8-7)</sup>に従い、

適切に選定する。使用するコンクリート強度について、無筋コンクリートでは圧縮強度 18 N/mm<sup>2</sup>、鉄筋コンクリートでは圧縮強度 24 N/mm<sup>2</sup>以上を使用することが望ましい。コンクリート材料は J I S 製品を基本とし、強度特性が明確なものを使用する。

重力式係留アンカーの材料にコンクリートを使用する場合、その単位体積重量は、無筋コンクリートの場合 22.6 kN/m<sup>3</sup>、鉄筋コンクリートの場合 24.0 kN/m<sup>3</sup>として良い。なお、水中で使用する場合は、浮力を考慮する必要がある。

#### 8.4 ワイヤロープ・チェーン（係留用）

1. 係留索に使用するワイヤロープ、チェーンについては、鋼材に加え、化学繊維を使用することが多い。使用する部位、使用される目的、環境条件、耐久性を考慮し材料を選定する。
2. 使用する係留索の種類に応じて、適切に許容張力を設定する。

許容張力の設定として次の例がある<sup>8-8)</sup>。

- チェーン(鋼製)の許容張力 : 破断荷重の 1/3
- ワイヤロープ(鋼製)の許容張力 : 破断荷重の 1/3
- 合成繊維索の許容張力 : 破断荷重の 1/5

#### 8.5 樹脂（フロート）

1. フロートなどに樹脂系材料を使用する場合、使用する部位、使用される目的、環境条件、耐久性を考慮し材料を選定する。
2. フロートなど、個別製作部材は、破断試験などの材料試験を実施し、特性値を設定する。
3. フロートに使用する樹脂は、紫外線劣化や浮遊物の衝突による損傷が発生しない強度を有したものとする。

J I S に適合した既製品ではなく、樹脂などにより個別に任意形状で製作した部材については、使用状況に応じた破断試験などを実施し、材料強度の特性値を適正に把握する必要がある。フロートは損傷により割れなどが発生した場合、内部に浸水し浮力低下に繋がる恐れがあるため、紫外線劣化や浮遊物の衝突により割れが発生しない強度・耐久性を確保した材料を用いるか、フロート内部に発泡樹脂などを注入して浮力低下対策を講じた材料を使用することが望ましい。

## 8.6 その他材料

1. 上記までに記載のない、プラスチック、ゴム、塗装材料、再生材などを使用する場合、使用する部位、使用される目的、環境条件、耐久性を考慮し適切な材料を選定する。
2. 使用にあたっては、その材料強度を把握する。

フロート間の接合に化学繊維系のバンドと金属製のバックルなどを用いている事例もある。使用する部位、使用目的、環境条件を踏まえ、設計供用期間に対して耐久性を有する材料の選定が望ましいが、比較的軽微な材料については耐久性が不足する場合もあり得る。このような場合は、供用期間内に部材の更新を計画しておくことが必要である。

### 参考文献

- 8-1) 一般社団法人日本建築学会: 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—、2005.
- 8-2) 一般社団法人日本建築学会: 軽鋼構造設計施工指針・同解説、2002.
- 8-3) 一般社団法人日本規格協会: JIS G 3112:2020 鉄筋コンクリート用棒鋼、2020.
- 8-4) 一般社団法人日本規格協会: JIS G 3551:2005 溶接金網及び異形鉄筋格子、2005.
- 8-5) アルミニウム建築構造協議会: アルミニウム建築構造設計規準・同解説、2016.
- 8-6) 一般社団法人日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2018.
- 8-7) 土木学会: コンクリート標準示方書、(【設計編】、2017) 他.
- 8-8) 沿岸開発技術研究センター: 浮体構造物技術マニュアル、1991.

## 9. フロート設計

### 9.1 フロート設計での注意点

1. 水上設置型太陽光発電システムに使用する樹脂製フロートは、比較的小規模で強度が小さい。これらフロートを多連結して使用するため、使用材料特性や作用荷重を適正に設定した上で、設計を行う。

### 9.2 フロートの設計

1. フロート自重、太陽電池モジュール、接続箱や作業員などの載荷重および風、波浪などによる外力作用時において、所定の安定性を有することを確認する。
2. フロート安定性の許容値は、荷重載荷時の乾舷、偏載荷時の傾斜について、利用上の支障が生じないように設定する。
3. 水生生物付着や浸水などによる安定性低下が生じないように、予めその対応を検討する。

フロートの安定性については、各設計状態において考慮する荷重を適切に設定した上で、その安定性を確認することが必要である。

フロートの安定性の検討例を表 9-1 に示す。安定性に係る許容値は事例として示したものであり、利用状態などを勘案して適切に設定するものとする。

安定性の検討は、フロート単体の諸元・性能をもとに数値計算にて行うか、数値計算が不可の場合は実機を用いた実証実験により確認することが望ましい。

表 9-1 フロートの安定性検討例

	考慮する荷重							安定性検討内容(例)		
	自重	フロート	設備自重	太陽光発電	作業員	浮力	風荷重		波力	積雪荷重等
常時	○		○			○			△	・フロートの全載荷重に対して、フロートの乾舷がゼロ以下とならないことを確認する。
作業時	○		○		○	○			△	・フロートの積載荷重に加え、作業員がフロート歩行時に傾斜が 1/10 以下であり、かつ乾舷がゼロ以下とならないことを確認する。作業員荷重を照査対象フロートの端部に偏載荷する場合は、連結された隣接フロートの浮力による復原効果を見込む。
異常時	○		○			○	○	○	△	・フロートに風荷重、波力等が作用した場合に、フロートの浮上がりが発生しないことを確認する。

注) ○：原則として考慮すべき荷重、△：必要に応じて考慮すべき荷重

### 9.3 接合部の設計（フロート間、係留索とフロート間、フロートと太陽電池モジュール間）

1. フロート間の接合部は、動揺に対して追従するためピン接合となる。接合部の部材が接合部に生じる引張力、圧縮力に耐えうる強度を有することを確認する。動揺などにより繰返し荷重が作用することから、必要に応じ疲労破壊に対する照査を行う。
2. 係留索とフロート間の接合部は、作用する引張力を適切に設定し、フロート部材の許容引張力以下となるよう決定する。フロート群に作用する外力を複数の係留索で負担するが、その負担割合についてはフロート群の移動による荷重集中を適正に評価する。

## 10. 係留設計

### 10.1 係留設計での基本事項

1. 係留設計は、フロートへの係留索取付部、係留索、アンカーを対象とする。
2. フロート群の荷重は複数の係留索に分散して負担させるが、フロート群の移動によって特定の係留索に荷重集中が発生することを考慮して設計を行う。

係留設計は、図 10-1 に示す部材を対象とする。

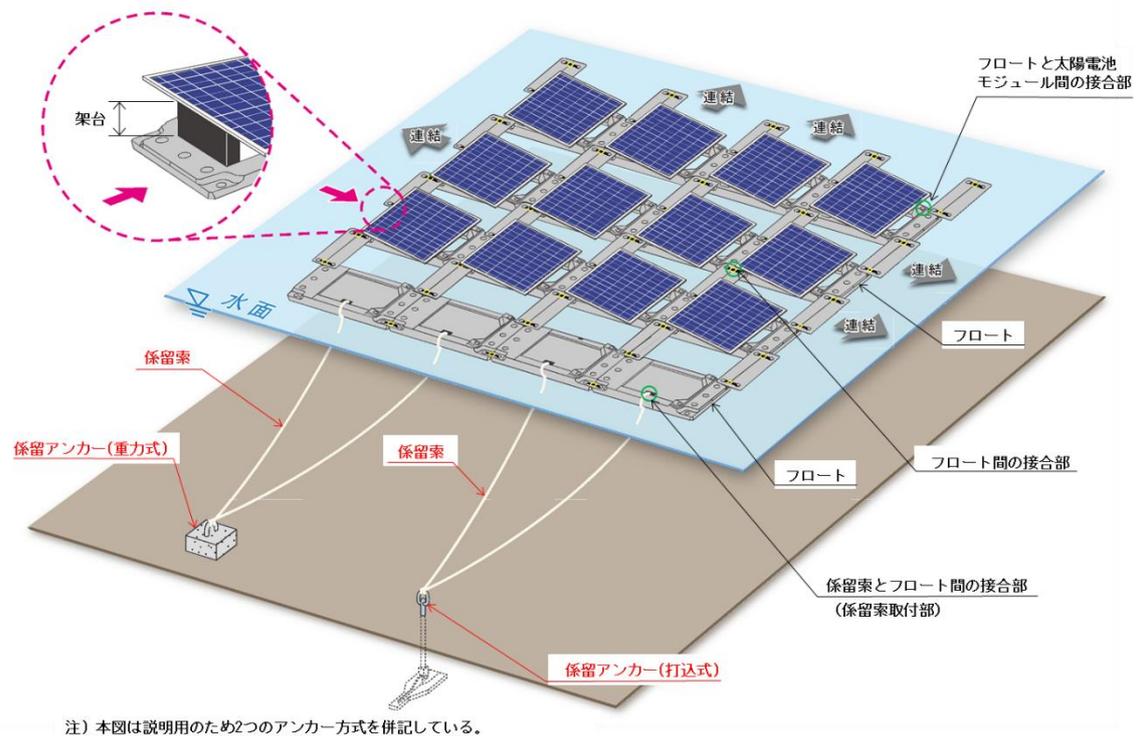


図 10-1 係留設計の対象部材

## 10.2 係留方法

1. 水底にアンカーを設置して係留索で固定する方法、あるいは、水中ではなく堤防などの陸上部にアンカーを設置して係留索で固定する方法とする。

アイランド（フロート群）の係留方法は、表 10-1 に示す型式を対象とする。なお、係留方法の選定に当たっては、アンカーの設置により既存施設の機能が低下もしくは満足できない事象が発生しないようにする必要がある。

表 10-1 係留方法

係留方法	イメージ図	
	打込式	重力式
水底にアンカーを設置する場合		
陸上部にアンカーを設置する場合		

## 10.3 係留索の設計

1. 係留索に作用する引張力を適切に設定し、許容引張力以下となるよう決定する。
2. 設置期間を考慮して、経年劣化に対する影響や更新計画を立案する。

アイランド（フロート群）は複数の係留アンカーと係留索で係留されている。アイランド（フロート群）全体に作用する荷重を算出した後、係留索 1 本あたりが負担する荷重を適切に設定する必要がある。係留索は水位変動などに追従できるようにある程度余裕を持たせて長さを設定することから、風圧荷重や波力が作用した場合、アイランド（フロート群）は水面上を移動したり、その形状が変化したりする。このため、複数の係留索に均等に荷重が作用することはなく、荷重の集中が発生する。しかしながら、この係留索への集中の度合いに

については、現時点で有効な知見、評価方法がないことから、実証実験、水理実験や数値解析などを行い、適切に設定する必要がある。

係留索 1 本あたりが負担する荷重を設定した後、係留索の設計については次のような方法で行う事例がある。

【係留索の設計事例】<sup>10-1)</sup>

(1) 設計方針

係留索の設計は、係留索 1 本あたりが負担するアイランド（フロート群）の水平力をロープの引張方向に換算し、許容引張力以下であることを照査する。なお、ここではアイランド（フロート群）に作用する荷重は水平力のみを対象に記載しているが、風圧荷重や波力などによりフロート端部に揚圧力（上向きの荷重）が作用する場合は、別途考慮する必要がある。

(2) 係留索の長さ

図 10-2 より、次式にて求める。

$$L = \sqrt{Kh^2 + h^2} \dots\dots\dots (10.1)$$

ここに、

$L$  : 係留索の長さ (m)

$Kh$  : 係留索の水平距離 (m)

$h$  : 係留索のフロートへの取付点からアンカーブロック上面までの高さ(m)

係留索の長さは水位変動に対するアイランドの追随性を考慮して設定すること。水位が低下した場合にはアイランドが水平移動するため、堤体やその他施設に接触しないよう係留索の長さを適切に設定する必要がある。

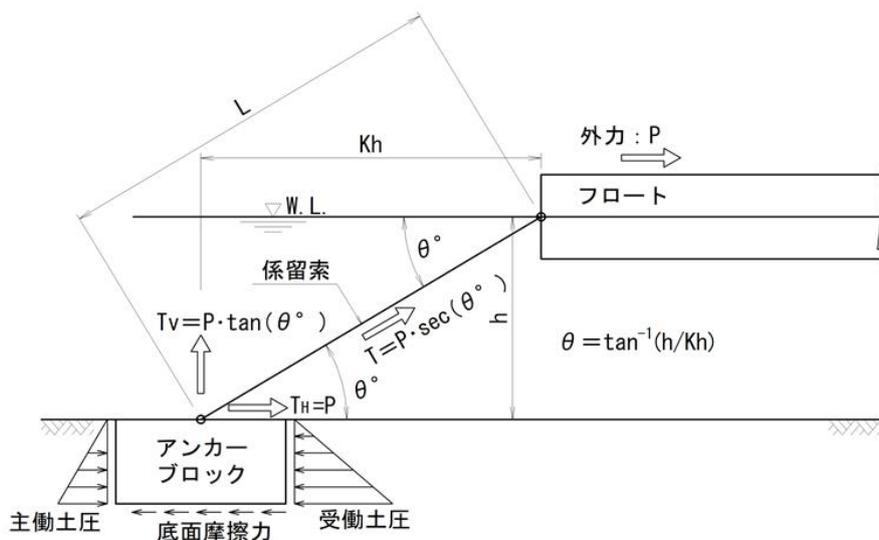


図 10-2 係留索の照査（重力式アンカーの場合を示す）

### (3) 係留索の張力

$$T = P \cdot \sec(\theta) \dots\dots\dots (10.2)$$

ここに、

$T$  : 係留索の最大張力 (kN)

$P$  : 係留索 1 本あたりが負担する浮体に働く力 (kN)

$\theta$  : 係留索と浮体底面のなす角度 (度)

想定される水位変動の範囲内で、係留索が伸びきった場合に係留索の張力が最大となる状態を考慮する。

### (4) 係留索の照査

係留索の最大張力が許容張力以下であることを確認する。

$$T \leq Ta \dots\dots\dots (10.3)$$

ここに、

$Ta$  : 係留索の許容張力 (kN)

## 10.4 アンカーの設計

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. 水底への打込式アンカー、コンクリートブロックなどの重力式アンカーとする。</li><li>2. 水位変動などを考慮して、係留索の引張り角度の変動を考慮する。また、アンカーの耐力方向とフロートによる作用方向が異なる場合、その影響を考慮する。</li><li>3. 水底への打込式アンカーは、原位置試験により耐力評価を行う。</li><li>4. 重力式アンカーの必要重量は、港湾や漁港施設の浮棧橋などの係留部の設計の考え方を参考にする。</li><li>5. ため池などの堤体にアンカーを設置する場合、堤体の安全性や安定性、水密性等に影響しないアンカーおよび施工方法を選定する。</li></ol> |
|---|

打込式アンカーについては、図 10-3 のようにアンカーの耐力方向とフロートによる外力の作用方向が異なる場合がある。この場合は、作用方向の違いによってアンカーの耐力低下が見込まれるため、適切に評価を行う必要がある。

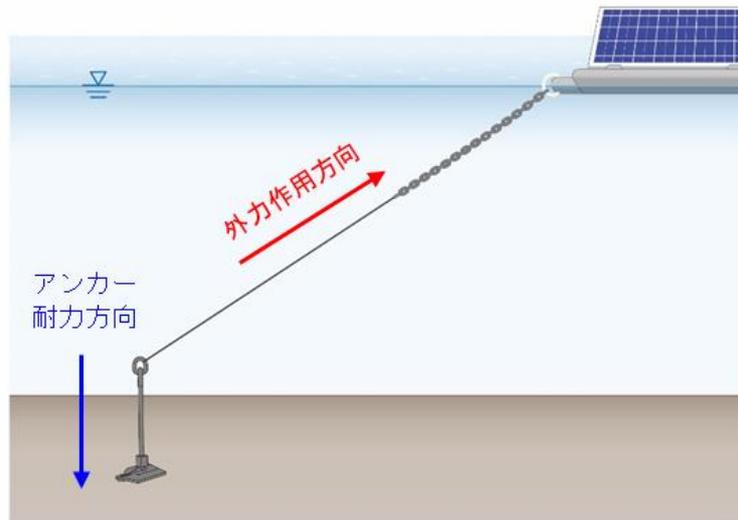


図 10-3 打込式アンカーの耐力方向と外力の作用方向

重力式アンカーについては港湾や漁港の施設において多く用いられており、その設計の考え方を参考にすることができる。検討方法の事例を示す。

【重力式アンカーの設計事例】<sup>10-1)</sup>

(1) 設計方針

重力式アンカーは、係留索に最大張力が働いたときに滑動しないよう、滑動に対し所要の安全率を確保する。

(2) 重力式アンカーに働く荷重

重力式アンカーには、水平力として  $P$ 、鉛直力として  $P \cdot \tan(\theta)$  が働くものとして良い。

(3) 重力式アンカーの抵抗力

通常はコンクリートブロックを水底土中に埋込んで使用することが望ましい。この場合、抵抗力としては次のものを考慮する。ただし、底面摩擦力の計算に用いる鉛直力は、 $W_w - P \cdot \tan(\theta)$  とする。ここに、 $W_w$  はアンカーの水中重量である。重力式アンカーを土中に埋込まない場合は、抵抗力は底面摩擦のみとする。

a) 水平抵抗力：

〈粘性土の場合〉 底面・側面の粘着力および受働土圧と主働土圧の差

〈砂質土の場合〉 底面摩擦力および受働土圧と主働土圧の差

b) 鉛直抵抗力：水中重量および水中土かぶり重量

(4) 重力式アンカーの照査方法

係留基礎には、図 10-4 に示すような重力式、把駐力式があるが、一般には重力式が用いられることが多く、ここでは重力式(直置き)を対象として示す。

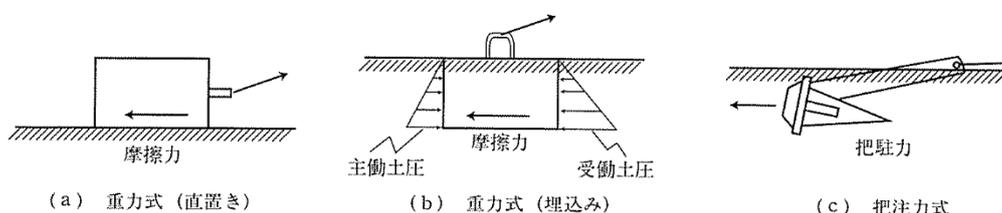


図 10-4 重力式アンカーの種類<sup>10-1)</sup>

重力式アンカーにはコンクリートブロックが用いられることが多い。底質が砂質土の場合には重力式の滑動に対する安定の検討は次式による。

$$\frac{\mu(W_W - T_V)}{T_H} \geq F \dots\dots\dots(10.4)$$

ここに、

$\mu$  : 摩擦係数

底質が砂質土の場合はコンクリートブロックとの摩擦係数は 0.5~0.6 としていることが多い。

$W_W$  : コンクリートブロックの水中重量 (kN)

コンクリートブロック (無筋) の単位体積重量 : 22.6 kN/m<sup>3</sup>

淡水の単位体積重量 : 10.0 kN/m<sup>3</sup>

$T_V$  : 係留基礎部における係留索の最大張力の鉛直成分 (kN)、 $T_V = P \cdot \tan(\theta)$

$T_H$  : 係留基礎部における係留索の最大張力の水平成分 (kN)、 $T_H = P$

$F$  : 滑動に対する安全率 ( $F=1.2$  を用いることが多い)

重力式アンカーを設置する地盤が、土質条件に基づいて十分な支持力を有していることを確認することが望ましい。地盤が軟弱で十分な支持力が得られない場合には、アンカー下への基礎捨石の設置、砂置換などの地盤改良の検討を行う。

ため池などの堤体にアンカーを設置する場合は、堤体の安全性や安定性、水密性等に悪影響を及ぼさないようにする必要がある。なお、打込式アンカーは、コア土に亀裂を生じさせる恐れがあることから、使用禁止としている事例がある<sup>10-2)</sup>。

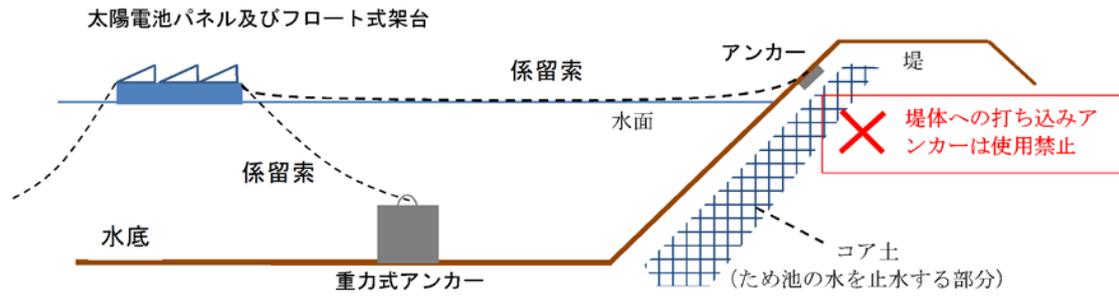


図 10-5 堤体への打ち込みアンカーの使用を禁止としている事例<sup>10-2)</sup>

参考文献

- 10-1) 全国漁港漁場協会: 漁港・漁場の施設の設計参考図書 2015年版、2016.
- 10-2) 兵庫県県土整備部住宅建築局建築指導課: 太陽光発電施設等と地域環境との調和に関する条例 技術マニュアル (案)

## 11. 腐食防食

### 11.1 水中部（アンカー・ロープ）

1. 水中で使用する材料は、太陽光発電システムの供用期間中に構造上致命的な腐食や腐朽がないよう、耐食性を確認する。
2. 水面付近や異種金属接触部など、局所的な腐食の発生が懸念される場合、それらが集中して発生しないように適切な防食処理などを施す。
3. 水質や水底の土壌を調査して、微生物腐食の発生が懸念される場合、有効な対策を講じる。
4. 腐食対策として、係留索に化学繊維の材料を使用する場合、紫外線による経年劣化などに配慮する。

### 11.2 水上部（固定金具など）

1. 架台などで使用する材料に、太陽光発電システムの供用期間中に構造上致命的な腐食や腐朽がないよう、耐食性を確認する。
2. 水面付近や異種金属接触部など、局所的な腐食の発生が懸念される場合、それらが集中して発生しないように適切な防食処理などを施す。水面付近の気中部は、飛沫などが多く腐食環境として最も厳しいため、特に留意する。
3. 異なる金属を組合せて用いると異種金属接触腐食の原因となるため、可能な限り同じ金属を用いる。ここでの金属は、主要な部材だけでなく、締結材であるボルト、ナットなども含む。ただし、有効な防食処置を講じて用いる場合、または対策の必要がないことを確認し、適切なメンテナンス期間を定めている場合は、この限りではない。

### 11.3 樹脂材料など（フロートおよびフロート間接合部）

1. フロートやフロート間接合部に使用される樹脂材料は、フロートの供用期間中において紫外線、応力（ひずみ）、熱、環境物質などによって著しい劣化がないことを確認する。
2. 劣化の可能性がある部材は、使用期限を設定し定期的に交換する。この場合、交換方法についてのマニュアルなどを事前（設計時）に作成する。

## 12. 電気設備の設計：水上設置型における電気設計の注意点

### 12.1 水上の配線方法に関する注意点

1. ケーブルの移動が想定される場所は、電気設備の技術基準の解釈（電技解釈）第 127 条「水上電線路及び水底電線路の施設」が規定するキャブタイヤケーブルを利用する。他のケーブルを利用する場合は、ケーブルの損傷を避けるため保護管に入れる。
2. フロートやアイランドの移動によりケーブルに過度な張力が発生しないよう配線余長を持たせるとともに、ケーブルを損傷しないように固定する。
3. 極性の異なる配線を分離して敷設する。配線が長く誘導雷の影響を受ける恐れがある場合は、配線のループ面積を小さくして敷設する。
4. 齧歯類によるケーブル損傷の対策を行う。
5. 接地は地上部の接地極により行う。

水上のフロート、アイランドの移動に伴い、配線やケーブルの移動が想定される場所には、電気設備の技術基準の解釈（電技解釈）第 127 条「水上電線路及び水底電線路の施設」が規定するキャブタイヤケーブルを利用することが望ましい。他のケーブルを利用する場合は、フロートやアイランドの移動によりケーブルに過度な張力が発生しないように、地上部とアイランド部との間の配線を S 字状にする<sup>12-1)</sup>など、配線に余長を持たせること、ケーブルが損傷しないよう保護管に入れることなどの措置をすることが望ましい。



写真 12-1 余長を考慮した配線の例

配線の固定に関しては、太陽光が直接当たらないようにするとともに、配線が常時浸水することのないようにする。



写真 12-2 配管に納めた配線の例

短絡事故を避けるため、極性の異なる配線は分離することが望ましい。ただし、この場合には配線経路がループを形成すると誘導雷の影響により電圧を誘起するおそれがあるため、配線経路が長い範囲にわたる場合には、配線をわけてループ面積を小さくすることが望ましい<sup>12-2)</sup>。

池などへの設置事例ではヌートリアのような齧歯目動物によってケーブルが齧られる被害が確認されている。このような場合には、鳥獣の保護および管理並びに狩猟の適正化に関する法律を遵守しつつ対策することが望ましい。ヌートリアなどが池に入らないように、池をフェンスで覆うなどして侵入経路を塞ぐこと、もしくはケーブルを配管などで覆い露出を減らすことなどの対策が考えられる。ただし、対策には限界があることから、これらの被害が発生した場合に重大事故につながらないようにするため、地絡検知、警報、遮断できる機構と体制を構築することが必要である。また、保守点検時にケーブルなどの被害が想定される個所については注意して確認することが望ましい。

接地については、地上部に接地棒を埋設することにより接地極をとり、水上の各機器の接地は、この接地極より配線する必要がある。実証実験から、水中に接地極をとることは地上に接地極を設ける場合と同程度の効果が得られる可能性が示唆されたが、接地極の形状や必要数などに解決すべき課題があるため、現段階では地上部に接地極をとることを原則とした。なお、通常の電路と同様に、地上部からアイランド部への接地線の敷設はフロートやアイランドの移動により接地線に過度な張力が発生しないようにする必要がある。

## 12.2 水上の機器の設置方法に関する注意点

1. 通常の使用状態において、浸水しない高さに機器を設置する。
2. フロートやアイランドの移動などに伴う傾きの範囲内において、転倒しないように機器を設置する。
3. アイランドへのアクセス手段を確保するとともに、容易に開閉できる場所に機器を設置する。
4. アイランドの浮力設計を考慮して、機器の設置場所を決定する。

内線規程<sup>12-3)</sup>「1365-1 配電盤及び分電盤の設置場所／1」において、配電盤および分電盤は「安定した場所」、「容易に開閉できる場所」、「容易に点検できる場所」に設置することが求められている。

従って、水上設置型太陽光発電システムについては、アイランド上に設置する接続箱やパワーコンディショナは、通常の使用状態において浸水しないようにするだけでなく、フロートやアイランドの移動などによって生じる傾きによって転倒しないように設置する必要がある。また、アイランドやフロートの耐荷重の設計値を考慮して接続箱やパワーコンディショナの設置場所がアイランドの中で著しく不均一とならないようにするなど、機器の重量により浸水や転倒しないように設置場所を決定する必要がある。特にアイランドの外周部への接続箱やパワーコンディショナの設置は、機器の浸水リスクが高まるため、避ける必要がある。

さらに、作業者がアイランドにアクセスする手段が確保できていることを前提とし、アイランド上において「容易に開閉できる場所」、「容易に点検できる場所」に接続箱やパワーコンディショナを設置する必要がある。



写真 12-3 接続箱の設置例

### 12.3 水上における電気機器選定に関する注意点

1. アイランド上の機器は浸水しないように設置する。
2. 対応する I P 等級の電気機器を選定する。

本ガイドラインにおいては、アイランド上に設置される電気機器に求められる防塵・防水性の等級である I P (Ingress Protection) 等級の基本的な考え方の前提を「アイランド上にある機器は長期にわたって浸水することはない」とした。従って、先ずアイランド上にある機器が浸水しないように設置することが必要である。その上で、アイランド上の各機器については次に示す I P 等級のものを選定することが望ましい。

- 接続箱およびパワーコンディショナ : IPX5 以上
- ケーブル : IPX7 以上
- コネクタ : IPX7 以上

ケーブルおよびコネクタについては、通常の使用状態や保守点検時の作業員が及ぼす荷重による動揺、あるいは固定のための結束帯の破断による水没のリスクを排除できないため、接続箱やパワーコンディショナよりも高いIP等級とした。なお、コネクタを現地でケーブルに取り付ける場合、不適切な組み立てによって接続部の接触抵抗の増大や防水性の低下を引き起こす事例があるため、製造者の組み立て説明書に従って正しく組み立てることが必要である。

#### 【参考：コネクタの絶縁試験】

- 純正MC 4 コネクタ（接続時 IP67）付ケーブルの試験
- 試験方法：JIS C 8990:2009<sup>12-4)</sup>（IEC 61215:2005<sup>12-5)</sup> 「10.15 湿潤漏れ電流試験」
- 試験体：2種類のケーブル径（4 mm<sup>2</sup>／5.5 mm<sup>2</sup>）および3種類の締め付けトルク（適正トルク／過少トルク／過大トルク）を組み合わせた6種類について、それぞれ5個の試験体。これらの試験体の接続部を防水テープで保護し接続部からの水分の浸入を抑止。また、これらとは別に「パッキンなし」「接続不足」の試験体を各1個用意。
- 実験結果：ほとんどの試験体は水没時間が100日間に及んでも計測可能レンジ(5GΩ)以上であった。その一方で「パッキンなし」「はめ込み不足」の各試験体と「4 mm<sup>2</sup>—過少トルク」の一部と「5.5 mm<sup>2</sup>—過少トルク」は、水没直後から絶縁抵抗が大きく低下した。これはコネクタ内の導電部に水が入ったことによるものである。キャップナット（ブーツ）の締め付けは付属のレンチで締めただけでは不十分で、さらにトルクレンチで適正トルクまで締めなおす必要がある。また、組み立ての際に防水用のパッキンが外れていないか確認した上で施工することも重要である。

表 12-1 コネクタの絶縁試験の結果概要

タイプ	試験体数	水没試験結果
4mm <sup>2</sup> ケーブル トルク過小	5	1個:試験直後に絶縁抵抗低下 (締め付けが不十分のサンプル) 4個:不具合なし(100日間)
4mm <sup>2</sup> ケーブル トルク適正	5	不具合なし(100日間)
4mm <sup>2</sup> ケーブル トルク過大	5	不具合なし(100日間)
5.5mm <sup>2</sup> ケーブル トルク過小	5	5個:試験直後に絶縁抵抗低下
5.5mm <sup>2</sup> ケーブル トルク適正	5	不具合なし(100日間)
5.5mm <sup>2</sup> ケーブル トルク過大	5	不具合なし(100日間)
パッキンなし	1	試験直後に絶縁抵抗低下
嵌合不足	1	試験直後に絶縁抵抗低下

#### 12.4 保守点検を考慮した電気設備計画の注意点

- アイランド上に設置する接続箱やパワーコンディショナは、取扱者のアクセスが可能でかつ「容易に点検できる場所」に設置する。

取扱者がアイランド上の接続箱やパワーコンディショナにアクセスできること、それに加えてこれらの機器が「容易に点検できる場所」に設置されている必要がある。また、アイランド上は滑りやすく不安定であることから、取扱者が自立して作業できる環境を確保することが必要である。

#### 参考文献

- 12-1) World Bank, Energy Sector Management Assistance Program; Solar Energy Research Institute of Singapore: Where Sun Meets Water: Floating Solar Handbook for Practitioners. 2019.
- 12-2) 第 22 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ 資料 4.
- 12-3) 一般社団法人日本電気協会: 内線規程 JEAC8001-2016、2019.
- 12-4) 日本規格協会: JIS C 8990:2009 地上設置の結晶シリコン太陽電池 (PV) モジュール-設計適格性確認及び形式認証のための要求事項、2009.
- 12-5) International Electrotechnical Commission (IEC): IEC 61215:2005 Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval, 2005.

## 13. 施工

### 13.1 一般共通項目

1. 自然条件など、当該施設が置かれる諸条件を勘案して、当該施設の要求性能を満足するような方法により施工する。
2. 設計者が求める要求性能が満足されるよう施工する。
3. 対象施設を正確、円滑かつ安全に施工するために、予め施工計画を定める。また、工事の進捗や現場状況の変化により必要が生じた場合、施工計画を変更する。
4. 設計者が要求する性能を満たしていることを確認するため、施工管理を行うものとする。また、施工管理により取得した記録・情報は維持管理計画などに反映する。
5. 安全に関する関係法令などにもとづき、安全確保上必要となる措置について検討を行った上で適切に安全管理を行い、事故および災害の防止に努める。
6. 実際の施工結果を竣工図書としてとりまとめる。図化できない範囲については写真にて記録する。

施工とは、設計された施設を実際に工事する行為であり、設計時に考慮した自然条件、利用条件などの諸条件を勘案して、設計者が求める要求性能が満足されるように施工されなければならない。このため施工者は、工事に先立ち、設計時に設定した自然条件、利用条件、使用材料、施工方法などの設計条件、設計計算書や仕様検討書などの内容、これらにより決定した使用主要資材の規格・仕様・諸元、設計図面などの内容を把握する必要がある。

これらを踏まえた上で、対象施設を正確、円滑かつ安全に施工するために作成する施工計画書には、工事概要、計画工程表、現場組織表、主要機械、主要資材、主要工種の施工方法、施工管理、安全管理、緊急時の体制および対応、環境保全対策などを取りまとめることが望ましい。

実際の施工現場、施工時点において、設計時に設定した条件と異なる場合には、設計図面どおりに施工しても所定の機能・性能を確保することはできず、当然、設計の見直しを行う必要がある。現場での施工において、図面どおりの施工が困難あるいは不可の場合、どの程度の施工誤差が許容できるかあるいは工法変更が可能かなど、設計内容を把握した上で判断することが要求される。これらのことから、設計者と施工者が異なる場合、施工者は設計者の設計意図の把握に努めることが重要である。この対応として、設計者～施工者間で設計意図伝達会議を開催することが有効である。

太陽光発電システムの供用中において、点検診断や維持補修を行う場合、実際に施工された状況を把握しておくことが重要である。このことから、施工時点において設計から変更した内容についてでき得る限り詳細に記録するとともに、変更した理由をあわせて記録することが望ましい。

太陽光発電システムの設置工事においては、労働災害などの発生防止のため、施工方法や仮設計書の検討、安全教育の実施など、安全対策を講じるものとする。特に潜水作業には危

険を伴うため、潜水作業安全施工指針<sup>13-1)</sup>などを参考に、遵守事項、施工要領、安全管理について十分検討を行った上で施工する。

また、増水、洪水などによる資機材の流出などの災害を防止するため、気象条件の良い施工時期の選定、リスクの少ない施工方法・施工手順の検討などを行う。

#### 参考文献

13-1) 一般社団法人日本潜水協会: 潜水作業安全施工指針、2015.

## 14. 維持管理計画

### 14.1 一般共通事項

1. 太陽光発電システム全体が、供用期間にわたってその設置目的・機能、要求性能が維持されるよう、予め維持管理計画を作成した上で、維持する。
2. 維持管理計画書は、施設の所有者が作成することを原則とし、設計者、施工者の他維持管理に関する専門的知識・技術を有する者の意見を反映する。
3. 維持管理計画書は、対象施設の損傷、劣化その他の変状についての、計画的かつ適切な点検診断の時期、対象とする部位および方法などについて定める。
4. 太陽光発電システムの維持管理計画書の作成および維持においては、設置箇所の自然条件、設計条件、構造特性、材料特性などを勘案する。
5. 点検診断の結果および対策が必要になった場合、維持補修の内容を記録し供用期間に亘って保存する。
6. 維持管理計画の作成および点検診断の方法は、民間のガイドラインなどを参考にする。

太陽光発電システムの発電規模にかかわらず、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法施行規則（第5条第1項第3号など）<sup>14-1)</sup>ならびに事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）<sup>14-2)</sup>に記載の「再生可能エネルギー発電設備の適切な保守点検及び維持管理」に係る趣旨を踏まえて、設計段階に維持管理計画を作成することが望ましい。

維持管理計画作成にあたっては、太陽光発電システム保守点検ガイドライン<sup>14-3)</sup>、自家用電気工作物保安管理規程<sup>14-4)</sup>、港湾の施設の維持管理技術マニュアル（改訂版）<sup>14-5)</sup>、太陽光発電アセットマネジメントガイドライン（案）<sup>14-6)</sup>などの技術指針などを参考することが望ましい。

### 14.2 フロートと太陽電池モジュール（水上）

1. フロートと太陽電池モジュールの維持管理計画には、以下の内容を盛り込む。
  - ・ 水面に浮遊しているフロートおよびフロート上の太陽電池モジュールは、点検診断を行うとともに、点検診断結果をもとに健全度評価を行い、必要に応じ維持補修工事を実施する。
  - ・ フロートについては、劣化・損傷の有無、フロート内への浸水や傾斜の有無に着目し、船上およびフロート上より外観目視調査やフロート上の歩行時安定性を確認する。
  - ・ 太陽電池モジュールについては、劣化・損傷、パネルの汚れなど、状況に着目し、船上およびフロート上より外観目視調査を行う。

### 14.3 係留索（水中）

1. 係留索の維持管理計画は、以下の内容を参考に作成する。
  - ・ 水中の係留索および係留アンカーは、点検診断を行うとともに、点検診断結果をもとに健全度評価を行い、必要に応じ維持補修工事を実施する。
  - ・ 係留索に係る点検診断は、フロートおよび係留アンカーとの連結状況、腐食・摩耗、劣化・損傷の有無、展張状況、浮遊ゴミや水生生物の付着の有無などに着目し、潜水士による潜水目視調査により行う。
  - ・ 係留アンカーに係る点検診断は、移動・変形の有無、周辺水底土砂の洗掘の有無などに着目し、潜水士による潜水目視調査により行う。
  - ・ 潜水作業は、水面がフロートに覆われ水中に光が届かず暗いこと、係留索が多数展張されており潜水士が絡まるなどの事故を未然に防止するため、2名1組のバディ潜水を原則とする。

係留索については、摩耗、腐食、紫外線劣化などにより強度低下が発生することから、設計段階でこのことを適切に考慮するとともに、点検診断時に劣化状況を把握するとともに新規部材に更新するなど、適切に維持管理を行う必要がある。

### 14.4 電気設備

1. 濡れた状態を想定した保守点検方法や装置、装備を計画する。
2. アイランド上の不安定作業を想定した保守点検方法や装置、装備を計画する。

基本的な点検項目は、太陽光発電システム保守点検ガイドライン<sup>143)</sup>や自家用電気工作物保安全管理規程<sup>144)</sup>などのガイドラインを参考に維持管理計画を作成することが望ましい。

地上設置型太陽光発電システムとは異なり、水上設置型太陽光発電システムの作業環境は常に足元が濡れた状態がかつ不安定であることを想定する必要がある。従って、地上設置型太陽光発電システムの場合以上に労働安全に配慮した装備を計画段階で想定しておくことが重要である。例えば、転倒や水中への転落のリスクがあるため、アイランド上での作業時にライフジャケットの着用が必要である。また、水上フロートでの転倒リスクを軽減するため、フラット（平坦）なフロートを採用すること、転倒時のけがを防止するためのフェイスガード付ヘルメットなどを着用することが望ましい。さらに、絶縁保護手袋などの絶縁保護具を複数用意することも検討すべき事項の一つである。

規模の大きい水上設置型太陽光発電システムでの接地抵抗測定においては、アイランド上の接続箱やパワーコンディショナの接地極の接地抵抗を測定する際に長尺のリード線が必要になる場合がある。これの代替として接地極の近傍の水に補助極をとる方法が考えられる。実証実験では、水中に補助極をとった場合と地上部に補助極をとった場合の接地抵抗

測定値は同程度であった。しかし、補助極の設置形態や設置位置など、検証すべき課題が残っていることから、地上部に補助極をとって測定する方法が望ましい。

【参考：水上設置型太陽光発電設備の接地抵抗測定】

- 水上設置型太陽光発電システム（49.5 kW、福島県）において、岸（地面）あるいは水面に設置した補助電極によりシステムの接地抵抗を測定した。システムの接地は岸に埋設された接地極から接地線により架台のフレームに接続されており、施工完了時における接地極の接地抵抗値は  $1.48 \Omega$  と完成図書に記録されていた。
- 架台フレームの接地抵抗値について、地面に設置した補助電極による測定と水面に設置した補助電極による測定の差は  $0.5 \Omega$  程度であった。

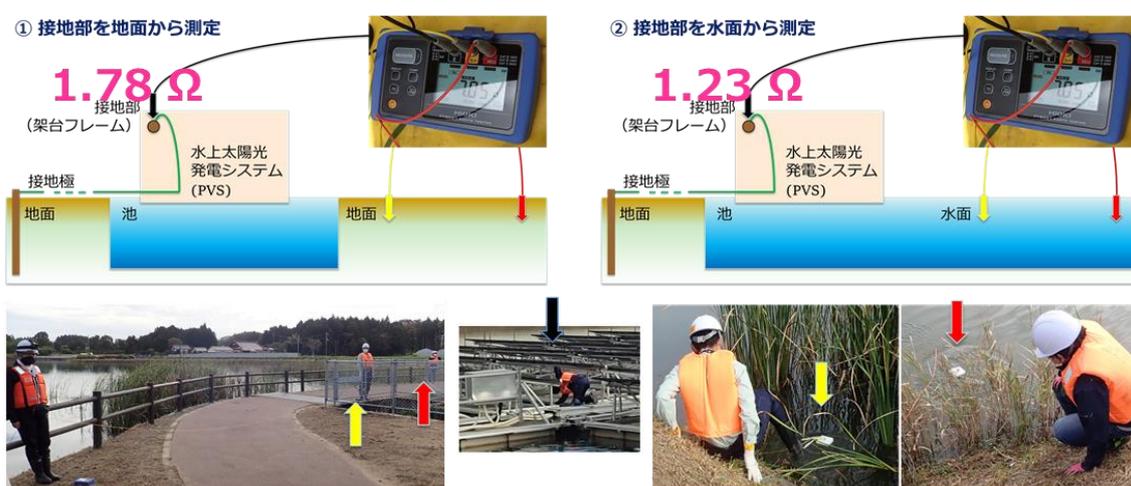


図 14-1 水上設置型太陽光発電設備の接地抵抗測定の概要

#### 14.5 フロートへのアクセス方法

1. 水上設置型太陽光発電システムの点検診断には、陸上からのアクセス手段を確保しておく。
2. 点検診断作業員や維持補修に必要な機器、工具類などの搭載が可能な小型船を準備しておく。
3. 一般者のアクセス・侵入による、事故や機器の損傷を防止するため、侵入防止対策や注意喚起を行う。

#### 14.6 緊急時の対応（設計時における配慮事項）

1. 災害時および施工、保守点検での事故時において迅速に対応できる緊急連絡体制の整備を計画する。
2. 火災など、発生時の消火方法、消火活動のための動線および活動スペースの確保を検討する。
3. 電気機器の異常時に対応できる迅速な接続箱における遮断、パワーコンディショナの停止方法を計画する。可能であれば遠隔操作も検討する。
4. 医療機関へのアクセスが容易でない場合、AEDなどの緊急時の医療機器の設置を検討する。
5. リスクアセスメントと対応マニュアルを準備する。

警戒時、災害時に備え、市役所、町役場、消防署、自治会など、関係機関との情報連絡体制を確認し、迅速な初動体制を確立できるようにすることが望ましい。災害などの緊急時の対応は、一般社団法人太陽光発電協会の公開している文書<sup>14-7~14-12</sup>を参考にして、取扱者の二次災害も留意して対応することが必要である。

太陽光発電システムは人が常駐して常時監視していないことが多いため、緊急時の覚知が遅れることもある。自家用電気工作物は、常時監視をしない発電所の要件として電気設備の技術基準の解釈（電技解釈）第47条5項の規定を満たす必要がある。それ以外の一般用電気工作物の太陽光発電システムにおいても当該技術基準を参考に設備構築し、監視体制を整備、計画することが望ましい。

火災発生時には、消防隊員が行う消火活動のための動線および活動スペースの確保が必要となる。建物設置に関する基準ではあるが、東京消防庁の太陽光発電システムに係る防火安全対策の指導基準<sup>14-13</sup>においては、消防活動用通路の設置方法は全ての太陽電池モジュールとの距離を24m以内とする基準が参考となる。また、水上設置型太陽光発電システムは周辺堤防など、陸上から離れている場合があるので、その際の消火方法を予め検討しておくことが望ましい。また、消火活動時に使用する材料などによって水質や水域環境に悪影響を与えないよう事前に確認しておくことが望ましい。

電気機器の異常時には、接続箱における遮断、パワーコンディショナの停止が必要である。12.2に述べたように、アクセスしやすいところに機器を設置するとともに、遠隔でも操作可能な方法を検討することが望ましい。

#### 参考文献

- 14-1) 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法施行規則（第5条第1項第3号など）
- 14-2) 経済産業省資源エネルギー庁：事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）、2021.
- 14-3) 一般社団法人日本電機工業会、一般社団法人太陽光発電協会：太陽光発電システム保守点検ガイドライン、2019.

- 14-4) 一般社団法人日本電気協会: 自家用電気工作物保安管理規程 JEAC8021-2018、2018.
- 14-5) 一般財団法人沿岸技術研究センター: 港湾の施設の維持管理技術マニュアル(改訂版)、2018.
- 14-6) 一般社団法人日本アセットマネジメント協会、太陽光発電アセットマネジメント委員会: 太陽光発電アセットマネジメントガイドライン(案)、2020.
- 14-7) 一般社団法人太陽光発電協会: 太陽光発電の水害時の感電の危険性について、2019年5月.
- 14-8) 一般社団法人太陽光発電協会: 住宅用太陽光発電システム被災時の点検・復旧・撤去に関する手順・留意点【震災編】、2016年4月.
- 14-9) 一般社団法人太陽光発電協会: 震災によって被害を受けた場合の太陽光発電システム取り扱い上の留意点、2016年4月.
- 14-10) 一般社団法人太陽光発電協会: 太陽光発電システム被災時の点検・撤去に関する手順・留意点【水害編】、2015年10月.
- 14-11) 一般社団法人太陽光発電協会: 太陽光発電設備が水害によって被害を受けた場合の対処について、2015年9月.
- 14-12) 一般社団法人太陽光発電協会: 停電に伴う住宅用太陽光発電システムの自立運転について、2011年3月.
- 14-13) 東京消防庁: 太陽光発電システムに係る防火安全対策の指導基準、平成26年7月.

## Appendix

水上設置型太陽光発電システムの設計ガイドラインの Appendix は、水上設置型太陽光発電システムの設計ガイドラインの作成にあたり、海外の規制・ガイドラインの調査結果をまとめたものである。

今回はアジアにおける調査対象国の規制・ガイドラインの調査をまとめたが、今後は対象を欧米に広げ、各国の事例を収集し、日本の規制・ガイドラインとの比較検討を実施予定である。

### Appendix A：調査対象国の選定

#### 1. 国土面積と太陽光発電設備の導入密度の比較

水上設置型太陽光発電システムの設計ガイドラインの作成にあたり、海外での規制・ガイドラインの導入事例を調査した。アジアにおける調査対象国は、図 A1 のとおり、国土における森林面積の割合が大きく、太陽光発電設備の導入密度が日本と類似していることから、韓国および台湾を選定した。

	 日本	 韓国	 台湾	 中国	 インド
国土面積*1	377,915km <sup>2</sup> 	99,720km <sup>2</sup> 	35,980km <sup>2</sup> 	9,596,960km <sup>2</sup> 	3,287,263 km <sup>2</sup> 
土地利用区分					
森林*2	258,872km <sup>2</sup> (68.5%)	63,721km <sup>2</sup> (63.9%)	18,525km <sup>2</sup> (51.5%)	2,140,122km <sup>2</sup> (22.3%)	759,358km <sup>2</sup> (23.1%)
農地*3	47,239km <sup>2</sup> (12.5%)	18,049km <sup>2</sup> (18.1%)	8,167km <sup>2</sup> (22.7%)	5,249,537km <sup>2</sup> (54.7%)	1,988,794km <sup>2</sup> (60.5%)
湖沼・河川*4	13,430km <sup>2</sup> (3.6%)	2,800km <sup>2</sup> (2.8%)	3,720km <sup>2</sup> (10.3%)	270,550km <sup>2</sup> (2.8%)	314,070km <sup>2</sup> (9.6%)
その他*5	71,804km <sup>2</sup> (15.4%)	17,950km <sup>2</sup> (15.2%)	5,577km <sup>2</sup> (15.5%)	1,936,750km <sup>2</sup> (20.2%)	225,041km <sup>2</sup> (6.8%)
太陽光導入量*6 (2019年)	61.8GW	10.5GW	4.2GW	205.5GW	35.1GW
導入密度*7 (MW/km <sup>2</sup> )	0.52	0.29	0.24	0.03	0.01

図 A1 アジアにおける国土面積と太陽光発電設備の導入密度の比較

## Appendix B : 韓国・台湾の規制・ガイドライン

### 1. 韓国の規制・ガイドライン

韓国では、傾斜地設置・農地設置（営農含む）・水上設置する太陽光発電設備の規制・ガイドラインが、図 B1 のとおり施行されている。

水上設置型太陽光発電に関するものでは、農林畜産食品部が管轄する農業基盤施設使用許可のガイドラインがあり、過去に貯水池の面積 10%以内、淡水湖の面積 20%以内の基準が定められていたが、現在は撤廃されている。

また、韓国エネルギー公団傘下の新・再生エネルギーセンターが管轄する太陽光施工基準において、傾斜地設置、農地設置、水上設置の各施工基準が作成されており、設計・施工に関するガイドラインが定められている。

設置場所	規制・ガイドライン名称	種類	管轄団体	制定年	規制・ガイドラインの内容	
韓国 	1-1 傾斜地	新エネルギー・再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法	規制	産業通商資源部 <sup>2</sup>	2018年9月	✓ REC重みの下方修正(0.7~1.2→0.7)による導入抑制
		山地管理法	規制	山林庁 <sup>1</sup>	2018年12月	✓ 一時使用許可に限定し、原状回復義務付け ✓ 設置可能な傾斜角度を25度から15度に変更
		国土の計画及び利用に関する法律施行規則	規制	国土交通省	2019年7月	✓ 開発行為竣工検査済証の提出を義務付け
		山地管理法	規制	山林庁 <sup>1</sup>	2020年6月	✓ 専門機関(韓国山地保全協会など)への定期点検を義務化
	農地	農地法	規制	農林畜産食品部 <sup>3</sup>	2019年7月	✓ 塩害農地(干拓地)の一時使用許可を最大20年まで延長可能
水上	農業基盤施設使用許可のガイドライン	ガイドライン	農林畜産食品部 <sup>3</sup>	2018年3月	✓ 貯水池の面積10%以内、淡水湖の面積20%以内の基準を撤廃	
1-2 共通	太陽光発電施工基準	ガイドライン	新・再生エネルギーセンター	2020年3月	✓ 傾斜地設置、農地設置、水上設置の各施工基準を作成	

図 B1 韓国の太陽光発電設備に関する規制・ガイドライン

### 2. 台湾の規制・ガイドライン

台湾では、農地設置および水上設置の太陽光発電設備設置に関する規制が定められている。農地設置においては、台湾行政院農業委員会が管轄している、農地利用審査における農業当局の変更承認によって、2ha未満の農地転用を制限し、2ha以上の農地は農業評議会の承認を必要とすることが定められている。水上設置においては、經濟部水利省が管轄している、農地水利協会の灌漑貯水池における太陽光発電設備の設置の管理原則によって、太陽光発電設備の設置面積は灌漑貯水池の面積 50%以下に制限されること、定期的に水質検査を実施し、灌漑用水質基準を満たすこと、水質を汚す洗剤の使用が制限されることが規制されている。

設置場所	規制・ガイドライン名称	種類	管轄団体	制定年	規制・ガイドラインの内容	
台湾 	傾斜地	傾斜地に特化した規制・ガイドラインは見当たらない				
	農地	農地利用審査における農業当局の変更承認	規制	台湾行政院農業委員会 <sup>3</sup>	2020年7月	✓ 2ha未満の農地転用を制限し、2ha以上の農地は農業評議会の承認を必要とする
	水上	農地水利協会の灌漑貯水池における太陽光発電設備の設置の管理原則	規制	經濟部水利署 <sup>2</sup>	2018年1月	✓ 灌漑貯水池の面積50%以下に制限 ✓ 定期的に水質検査を実施し、灌漑用水質基準を満たすこと ✓ 水質を汚す洗剤の使用を制限

図 B2 台湾の太陽光発電設備に関する規制・ガイドライン

## Appendix C : 韓国の水上設置型の設計・施工基準

### 1. 韓国における設計・施工基準の共通項目

韓国では、太陽光発電設備の設計・施工基準は、韓国エネルギー公団傘下の新・再生エネルギーセンターが管轄するガイドラインで定められている。共通項目は図 C1 のとおり、地盤・排水、架台・基礎、電気設備に大別されている。

架台・基礎に関して、荷重計算は建築基準法（国土交通省）など関連基準に従うことが明記されている。

		<div style="text-align: right;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">🇰🇷 韓国</span> <span style="margin-left: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;">✕ 共通</span> </div>				
項目	改訂後(2020年3月2日)	調査	設計	施工	維持管理	
共通	地盤・排水	✓ 盛土斜面等地盤条件を確認し、構造物の基礎について安全性を確保すること				
		✓ 流量、流速などを考慮し、排水設備を設置すること				
	架台・基礎	✓ <b>荷重計算は建築基準法（国土交通省）など関連基準に従うこと</b>				
		✓ コンクリート基礎の施工が困難な場合は、キャストイン、ラミング、スパイラル、スクリュー工法の採用が可能であり、基礎は設計掘削深度より深く施工しなければならない				
電気設備	✓ 電気設備は、集中豪雨時の浸水を避けるため、地上より高い場所に設置し、電気設備の周囲に排水設備を設置すること					

図 C1 韓国の太陽光発電設備の設計・施工基準の共通項目

### 2. 韓国における水上設置型の設計・施工基準

水上設置型に関する設計・施工基準は、図 C2、図 C3 のとおり、支持物・接続部に対して具体的な材料が指定されており、設計・施工に関する注意点が多数明記されている。

支持物に関しては、ステンレス鋼、アルミニウム合金またはFRPなど、腐食性の高い材料でなければならないこと、支持物、浮力体、係留装置について、建築構造基準、港湾・漁港設計基準、船舶安全法などの当該法令に基づいて、風荷重、積雪荷重、自重、群衆荷重、波力、潮力などを含む外力などを考慮して安全性が確保されるようにしなければならないこと、支持物（浮力体、係留装置、モジュールを除く部材）は係留ユニット単位で設計する必要があり、支持物に作用する荷重を考慮して安全に設置する必要があることが明記されている。

係留装置の接続部に関しては、SUS304（海水中はSUS316）材質以上の耐食性を確保すること、支持物と水上通路間の接続金物はSUS304（海水中はSUS316）など耐食性の高い材料を使用し、部材間の相対運動により発生する摩耗に対して十分な耐久性を確保できる構造とすることが明記されている。

電気配線に関しては、モジュールとインバータ間を水中に配線する場合は、水中ケーブルを使用し、電線管を設置してケーブルを保護するものとし、浮力体の振動などによる外力が水中ケーブルに直接影響を与えないよう設置しなければならないこと、浮力体の表面に電線が触れないよう電線管、配管、ダクトなどで配線を保護し、構造物などにしっかりと固定

するものとし、モジュール間の配線は、耐候性、耐食性などに優れたものを使用すること、接続箱に接続するすべてのケーブルは、難燃性ケーブル(FR)を使用しなければならないことが明記されている。

		[韓国] 韓国		[X] 水上		
項目	改訂後(2020年3月2日)	調査	設計	施工	維持管理	
水上	太陽電池	✓	モジュールは水と接触しないよう、十分な高さに設置すること			
	支持物・浮力体	✓	支持物は、ステンレス鋼、アルミニウム合金またはFRPなど、腐食性の高い材料でなければならない			
		✓	支持物、浮力体、係留装置について、建築構造基準、港湾・漁港設計基準、船舶安全法などの当該法令に基づいて、風荷重、積雪荷重、自重、群衆荷重、波力、潮力などを含む外力などを考慮して安全性が確保されるようにしなければならない			
		✓	支持物（浮力体、係留装置、モジュールを除く部材）は係留ユニット単位で設計する必要があり、支持物に作用する荷重を考慮して安全に設置する必要がある			
		✓	浮力体は浮力の不均衡が発生しないよう均一に配置する必要があり、外気温度差、水面の凍結、流速や浮遊物などの外部環境の変化に対して十分な強度を維持することができる材料とし、十分な耐久性を確保しなければならない			
		✓	浮力体は部分破損の場合にも、浮力の損失を最小限に抑えることができる構造でなければならず、浮力体の外皮と充填材は、水環境に有害な物質を使用しないこと			
	接続部	✓	係留装置の接続部はSUS304（海水はSUS316）材質以上の耐食性を確保すること			
		✓	支持物と水上通路間の接続金物はSUS304（海水はSUS316）など耐食性の高い材料を使用し、部材間の相対運動により発生する摩耗に対して十分な耐久性を確保できる構造とすること			
		✓	係留装置は、紫外線や水圧に対し十分抵抗性のある材質を使用しなければならない			

図 C2 韓国における水上設置型の設計・施工基準-1

		[韓国] 韓国		[X] 水上		
項目	改訂後(2020年3月2日)	調査	設計	施工	維持管理	
水上	接続部	✓	風、波力や流水などの外力に対して方位角の変形を10度以内に維持できる構造とし、係留装置の緩みなどを利用し、水深変化により他施設とぶつからないよう設計・施工しなければならない			
	水上通路	✓	通路は、ポリエチレン、溶融亜鉛メッキ、アルミ合金、マグネシウム合金、ステンレス鋼、FRPなど耐食性の高い材質とし、様々な荷重、振動、衝撃に対して安全な構造でなければならない			
	電気配線	✓	モジュールとインバーター間を水中に配線する場合は、水中ケーブルを使用し、電線管を設置してケーブルを保護するものとする。浮力体の振動などによる外力が水中ケーブルに直接影響を与えないよう設置しなければならない			
		✓	浮力体の表面に電線が触れないよう電線管、配管、ダクトなどで配線を保護し、構造物などにしっかりと固定するものとする。モジュール間の配線は、耐候性、耐食性などに優れたものを使用すること			
		✓	接続箱に接続するすべてのケーブルは、難燃性ケーブル(FR)を使用しなければならない			
	✓	接続箱は、水と接触しない十分な高さに設置し、浮力体の表面に接触しないようしっかり固定しなければならない				

図 C3 韓国における水上設置型の設計・施工基準-2



この成果物は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発／安全性・信頼性確保技術開発（特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定）」の結果として得られたものです。