

低圧システムの構造**特性**の傾向

－ 現地調査で見えてきたこと －

一般社団法人 構造耐力評価機構
理事 高森 浩治

1. 実態調査の背景
2. 調査結果
3. 現在進行中のNEDO研究について



調査の背景

太陽光発電設備の構造事

事故原因の多くは構造設計・施工

信頼性・安全性を回復するための技術開発が必要

診断・評価技術の開発

補修・技術の開発

導入されている太陽光発電設備の実情が把握されていない

太陽光発電設備の実態調査

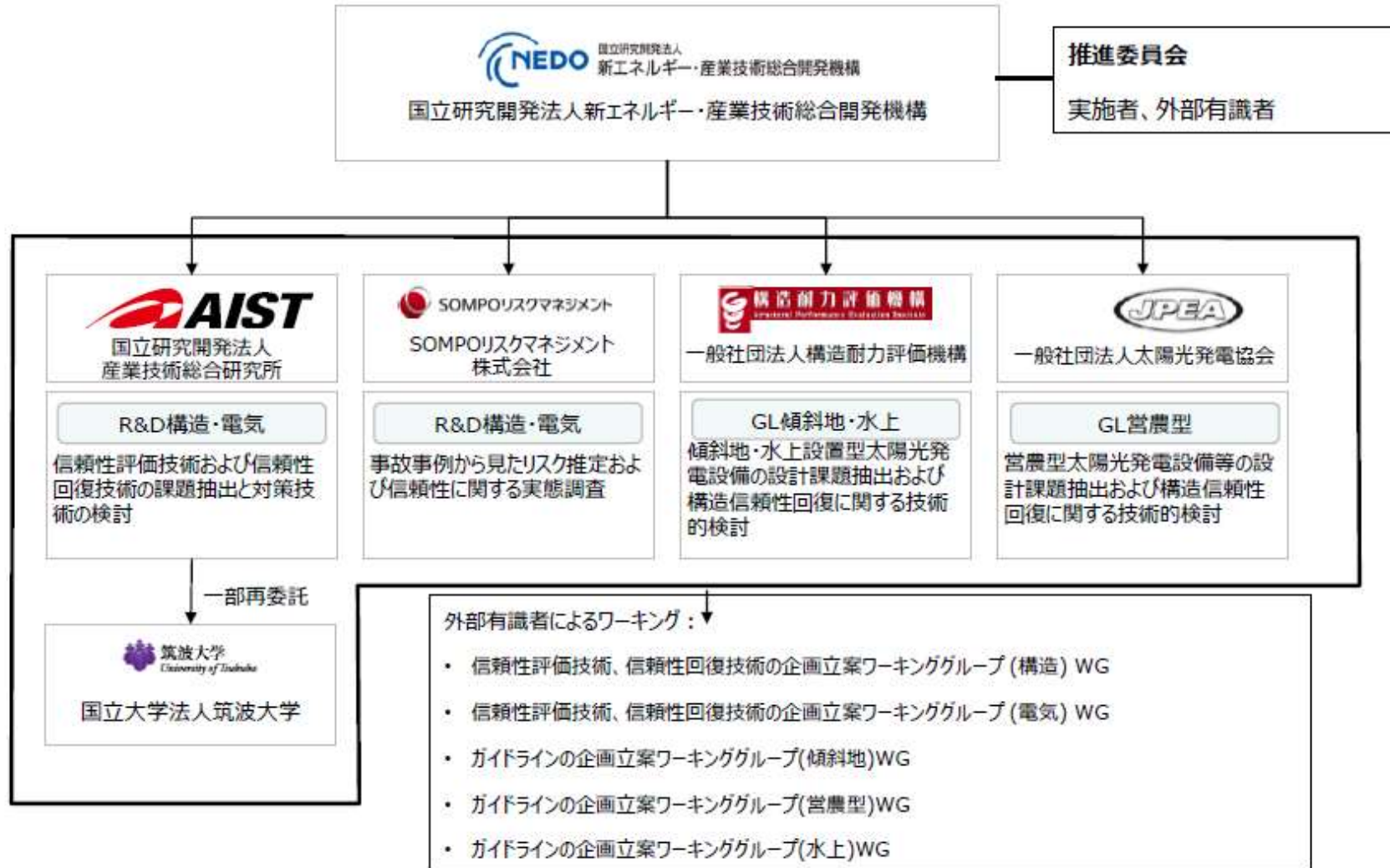
2019年度NEDO研究

- 発電所の中古売買
- 事故時の対応
- 卒FIT後の事業継続



2019年度のNEDO研究

研究テーマ: 太陽光発電設備の信頼性・安全性向上の技術評価およびガイドライン策定に関する企画立案



- 技術開発のF.S.
 - ・リスク評価技術
 - ・評価・診断技術
 - ・補修・補強技術

実態調査を実施

- ガイドライン作成のF.S.
 - ・傾斜地設置型PV
 - ・営農型PV
 - ・水上設置型PV

事故情報の分析

- 公開情報
 - ・経産省保安監督部データ
 - ・労働災害データ
- 情報収集
 - ・ヒアリング
 - ・損害保険データ(145件)

本日の発表はこちら

現地調査

- ・主に低圧PV発電所を対象に調査
- ・調査件数は300(有効数:117)
- ・不動産鑑定士が調査協力
- ・構造と電気の観点から評価



1. 実態調査の背景

2. 調査結果

3. 現在進行中のNEDO研究について



主に低圧(50kW未満)の発電所を対象に現地調査による
実態調査を実施

○調査総数 : 300件

○集計対象件数 : 117件 ⇒ 分譲案件で同じ仕様のもものは除外

地上設置型 : 106件

営農型 : 11件

水上型 : 0件

※ 営農型については「11.その他」で地上設置型とは分けて集計した。



調査方法

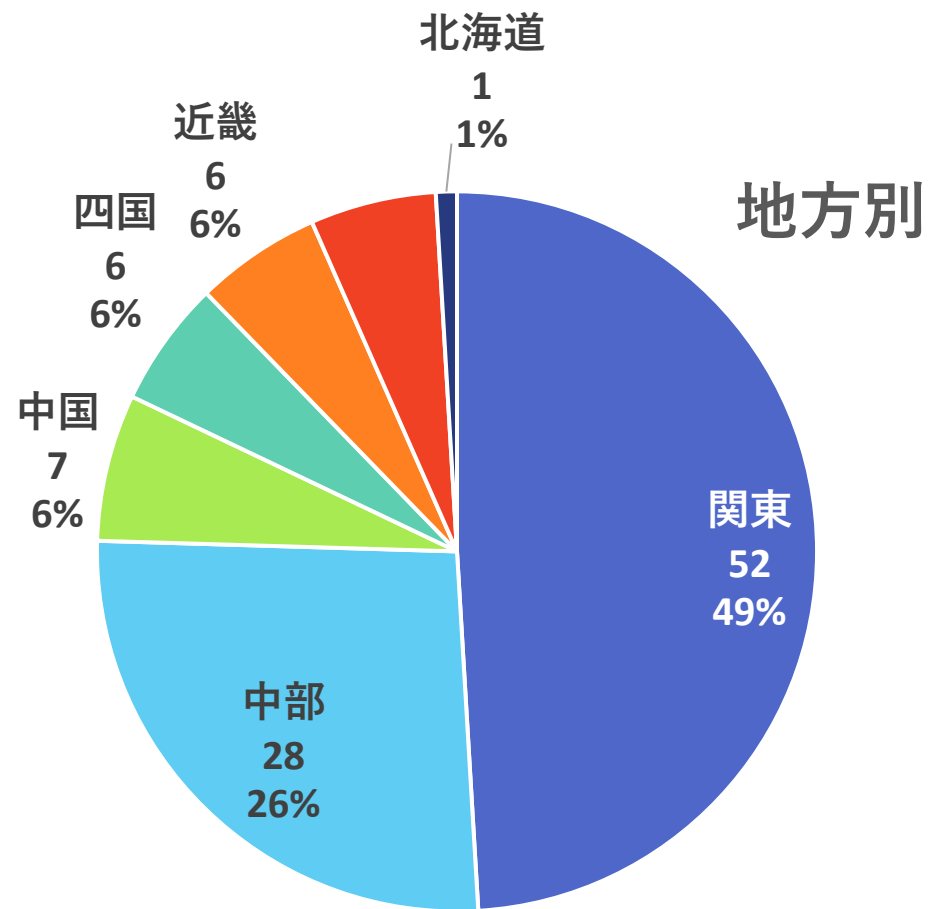
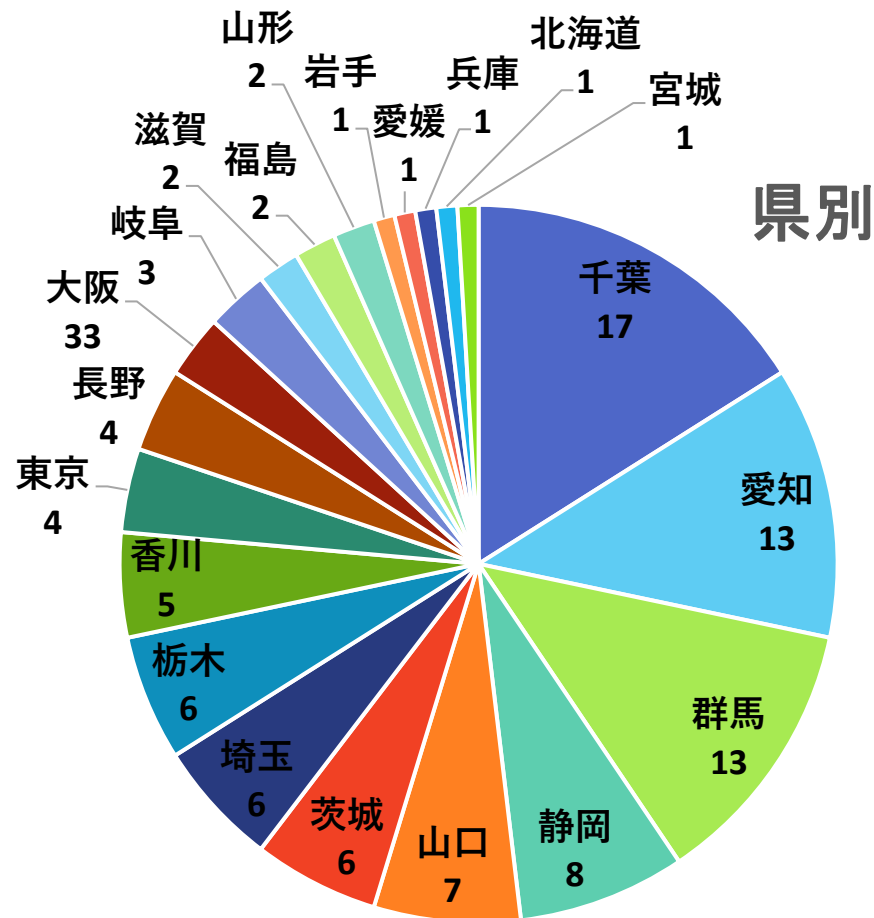
- ① 太陽光発電事業評価ガイド(JPEA)の評価項目を参考に**現地調査チェックシート**を作成
- ② **調査者**(不動産鑑定士に依頼)を対象にチェックシートの記載方法の**講習を実施**
- ③ 全国の調査結果を収集
- ④ チェックシートの内容をもとに**専門家が分析**

評価項目番号	評価項目	評価内容	評価結果	特記事項	写真 No.	解説
5 太陽光発電システム関係書類						
5.2	竣工(完成)図書関係書類					
5.2.1	各機器の配線図	図書の有無	なし			
5.2.2	電気配線図	図書の有無	なし			
5.2.3	系統(ストリング)配線図	図書の有無	なし			
5.2.4	単線接続図	図書の有無	なし			
5.2.5	各機器の仕様書	図書の有無	なし			
5.2.6	施工計画書(工事計画書)	図書の有無	なし			
5.2.7	施工(工事)記録	図書の有無	なし			
5.2.8	施工検査記録及び試験成績書	図書の有無	あり	PSCの試験記録		
5.2.9	各機器の保証書	図書の有無	あり			
5.3 維持管理関連書類						
5.3.1	保守点検計画書	図書の有無	なし			
5.3.2	法定点検実施記録(高圧設備のみ)	図書の有無	一			
5.3.3	保守点検実施記録	図書の有無	なし			
5.3.4	修理、経費等の記録	図書の有無	なし			
6 発電システム設計						
6.1	レイアウト設計					
6.1.5	各機器の保守スペース検証	目視	現況の確認	あり	○ 1,2,3	
6.2	電気設計					
6.2.3	発電シミュレーション値の検証	データ有無	データ有無	あり		
7 設置設備						
7.1	太陽電池モジュール及び太陽電池アレイ					
7.1.1	仕様書通りのモジュールが設置されているか	目視	現況の確認	不明	○ 4,5	仕様書との照合はできなかった。
7.1.2	太陽電池モジュール表面状態	目視	現況の確認	なし	○ 6,7,8	破損・損傷等はない。
7.1.3	太陽電池モジュール裏面状態	目視	現況の確認	なし	○ 10,11	破損・損傷等はない。
7.1.4	太陽電池セル及び電線の状態	目視	現況の確認	なし	○ 13	異常なし
7.1.5	太陽電池モジュールの接続状態	目視	現況の確認	アースケーブル アースプレート 架台直接 なし その他	◎ 14,15 ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	
7.1.6	太陽電池アレイの接地状態	目視	現況の確認	なし	○ 22,23	異常なし
7.1.7	太陽電池モジュール表面の温度分布状態		現況の確認	可能であれば		



調査対象の概要 ① : 調査地域

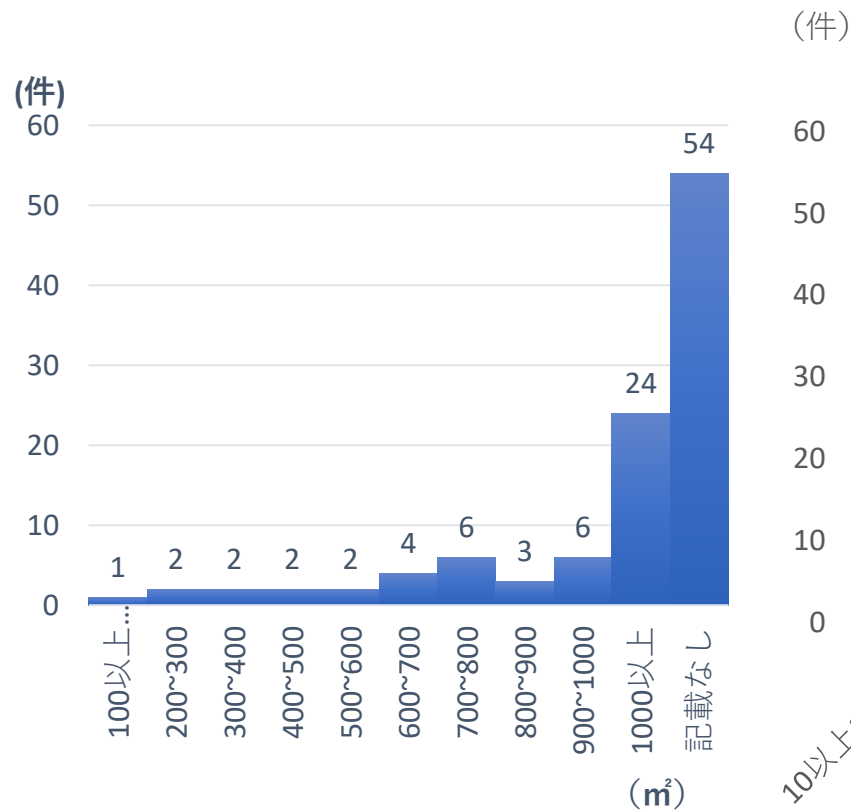
都道府県別の所在地分布



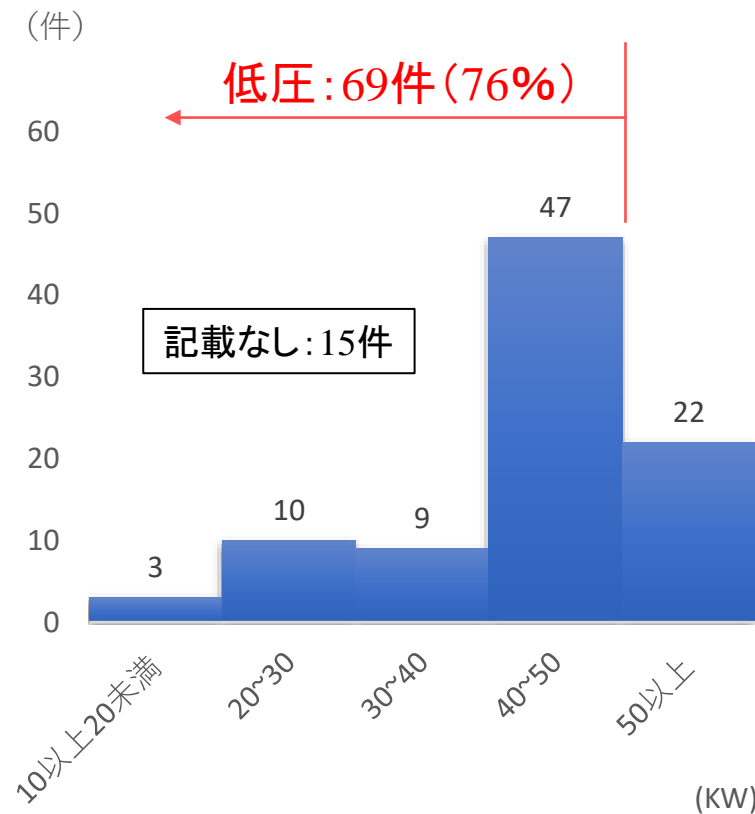
- 調査地域は万遍なく設定することを心掛けたが
関東・中部の物件が多くなっている

調査対象の概要 ② : 発電所の概要

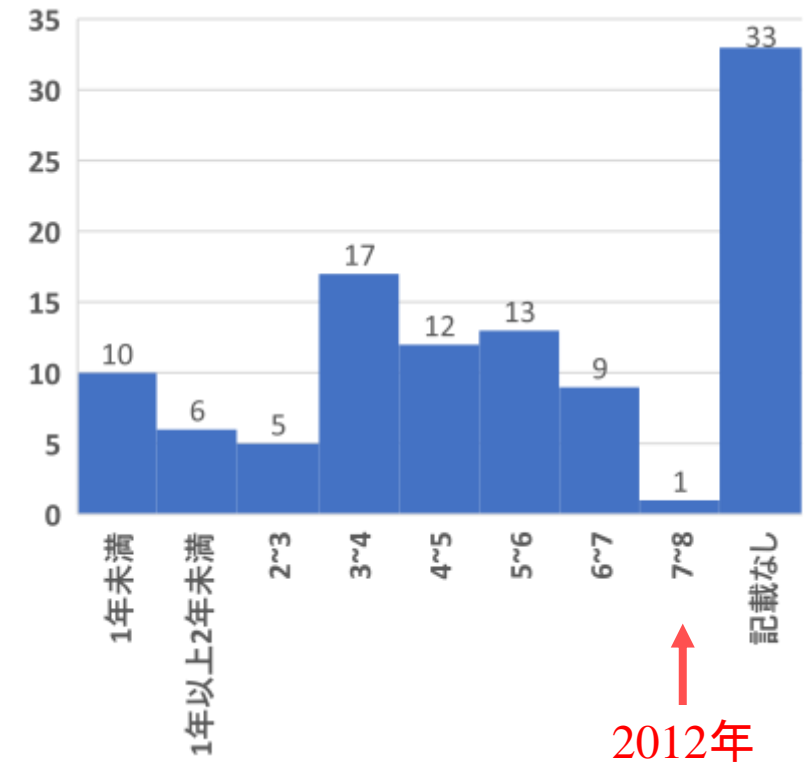
敷地面積



発電規模



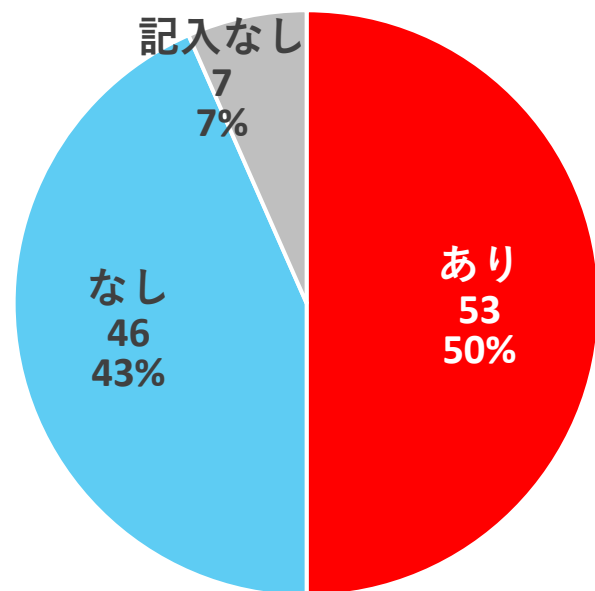
運転開始からの経過年数



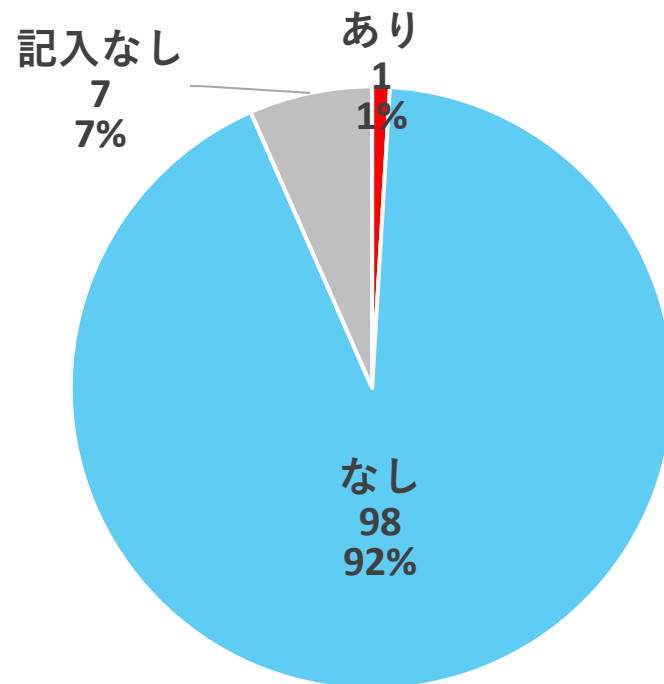
- 調査対象の約8割が低圧発電所

設計図書の整備状況 ①

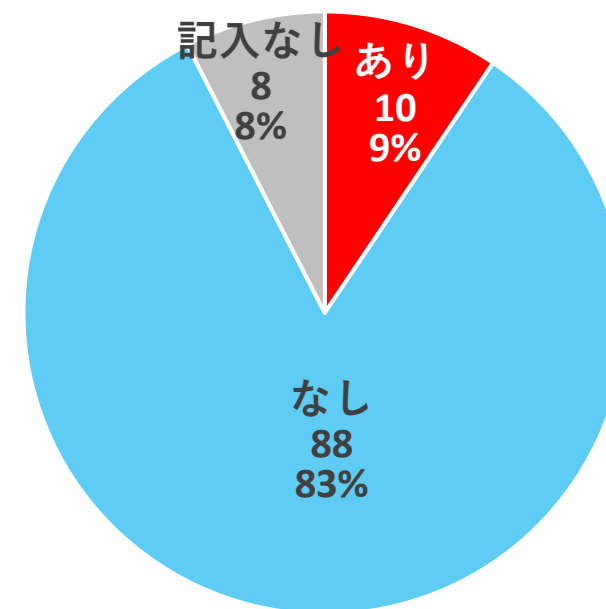
アレイ配置図



地盤調査資料



自主検査結果報告書

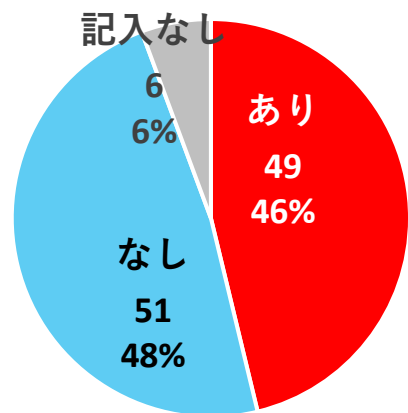


- **アレイ配置図**が整備されている発電所が**約半数**。
- 地盤調査資料や自主検査結果報告書はほとんどの発電所で未整備。



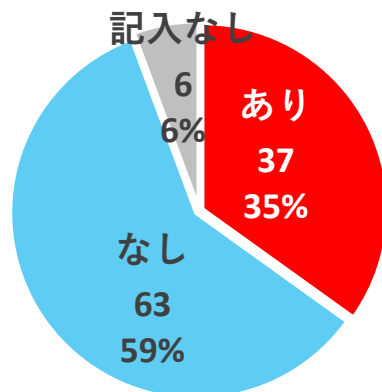
設計図書の整備状況 ②

平面図(アレイ)

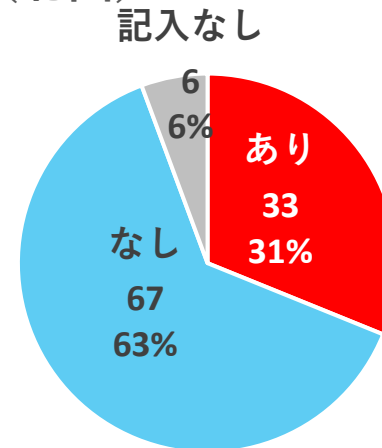


架台構成図(南・北立面図)

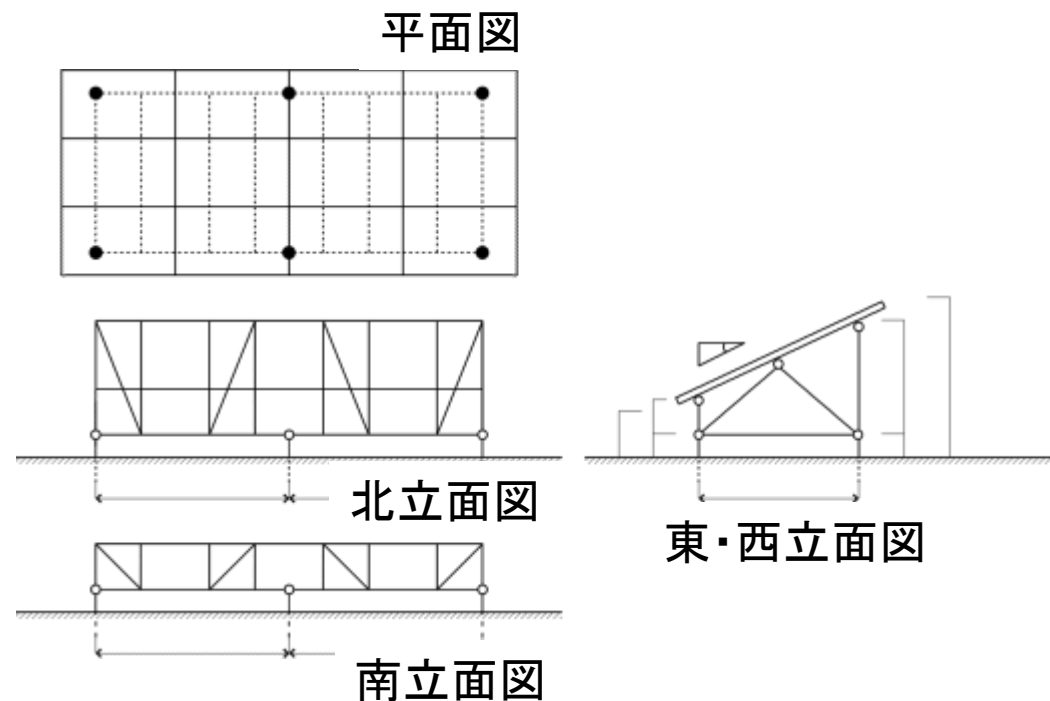
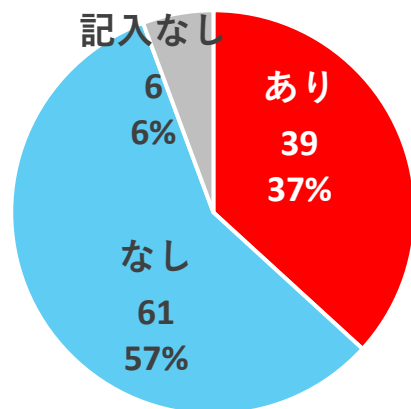
前列 (南面)



後列 (北面)



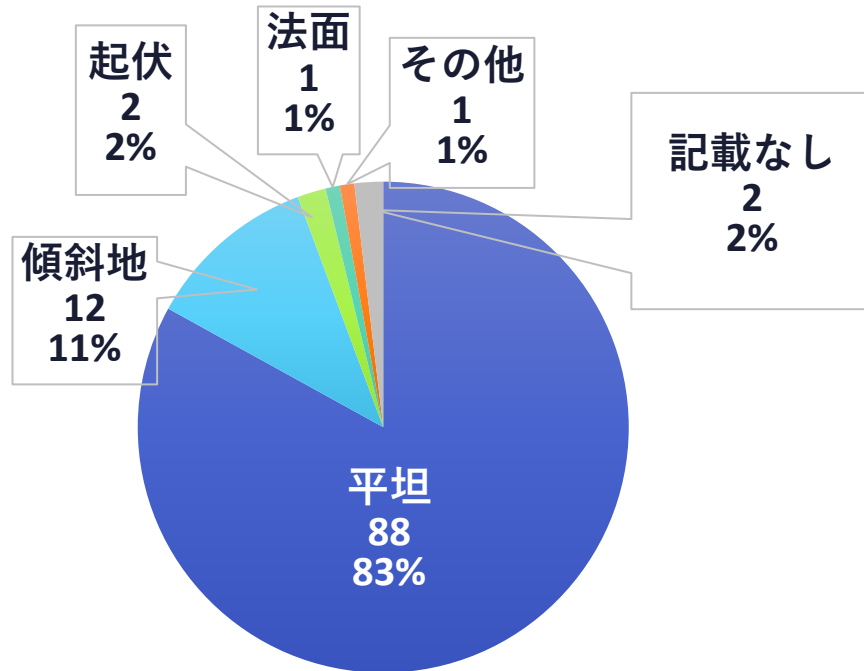
架台構成図(東・西立面図)



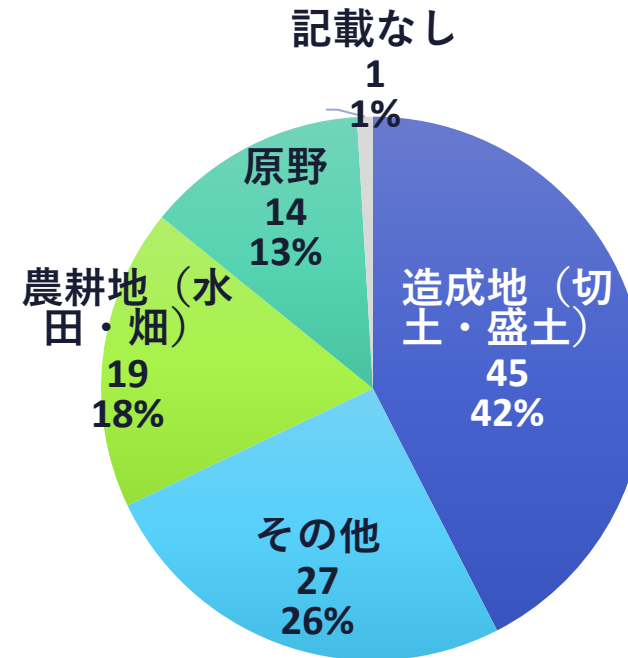
- 平面図で約半数が未整備
- 架台構成図は6割以上が未整備

敷地・地盤に関する外観調査 ①

土地の現状



土地の履歴

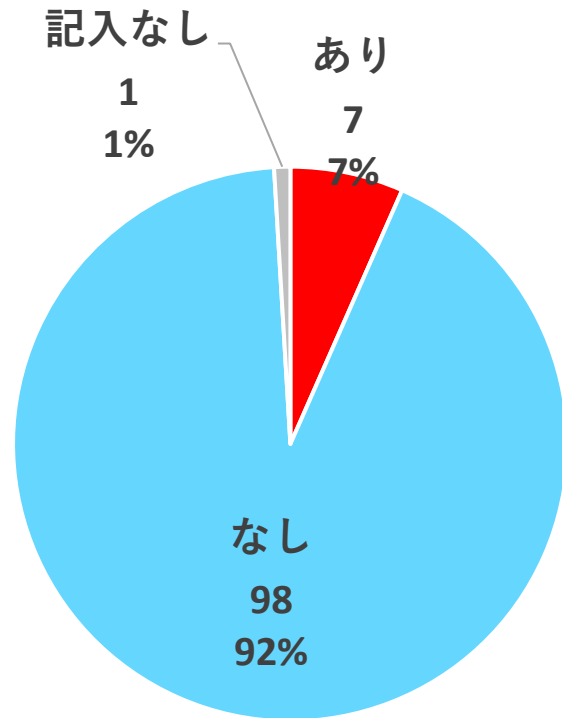


- 平坦地が約8割を占める。
- 傾斜地は1割程度と比較的少ない。
- 造成地が約4割、農耕地が約2割。

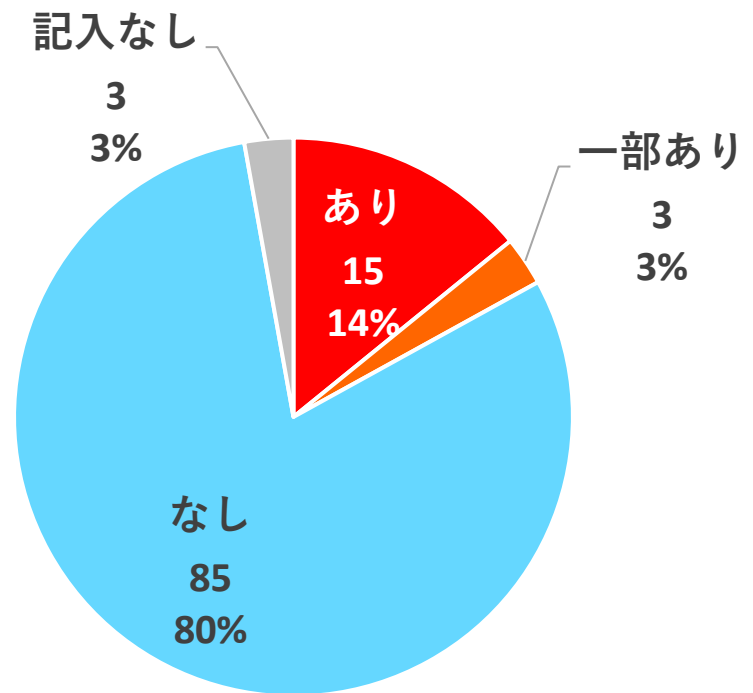


地表面異常の発生状況

地表面の沈下、地割れ、陥没、波うち



地表面保護工

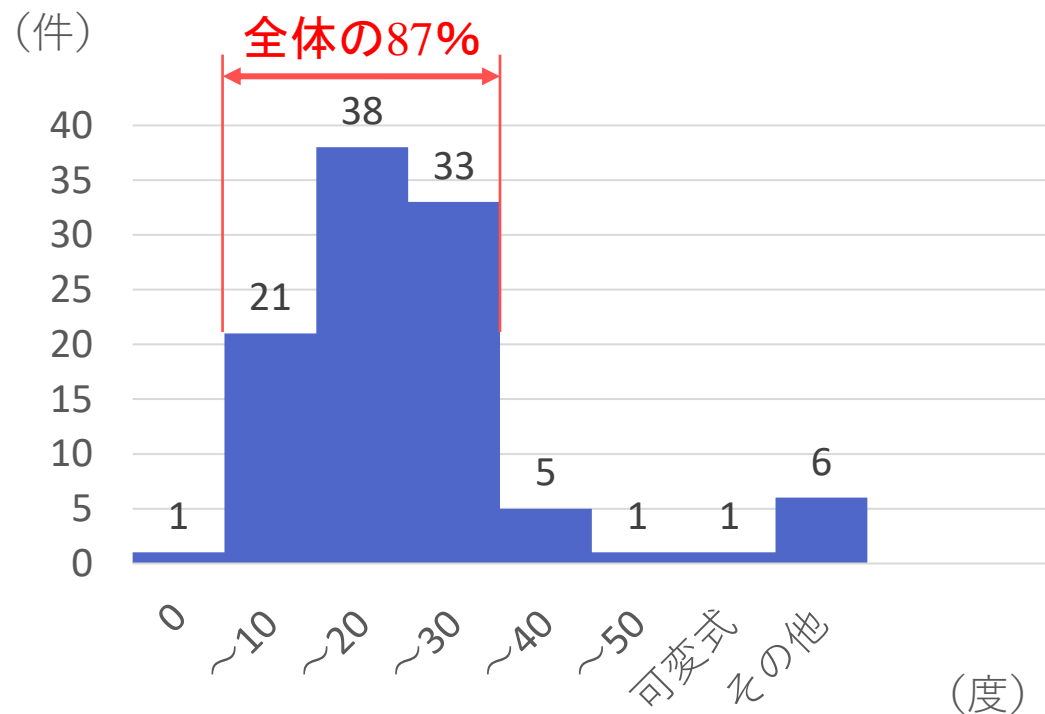


- 平坦地が多いので、**地盤の異常は比較的少ない**。
- 1～2割の発電所で地表面保護に問題がある。

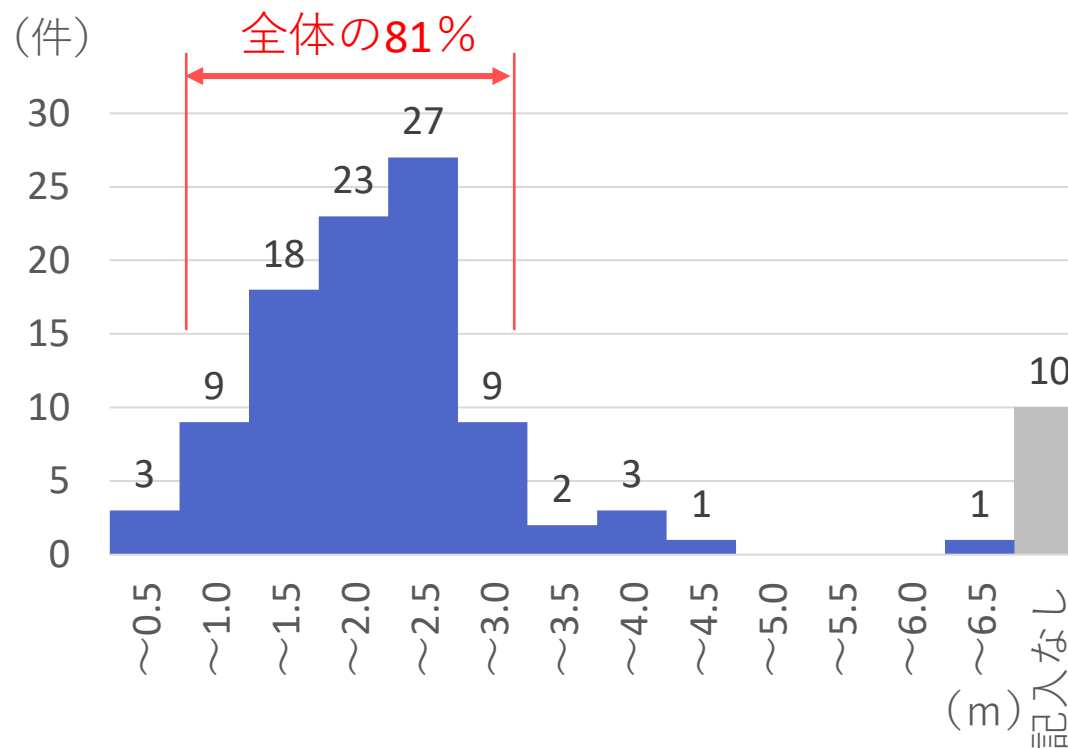


アレイの傾斜角と高さ

アレイの傾斜角(南北)



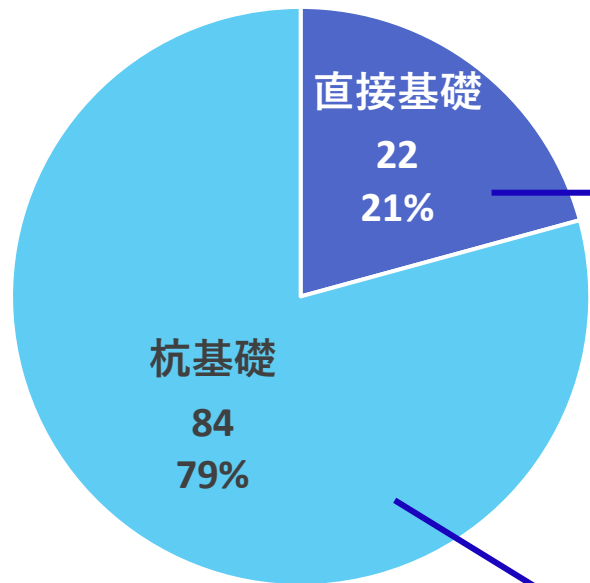
アレイの最高高さ



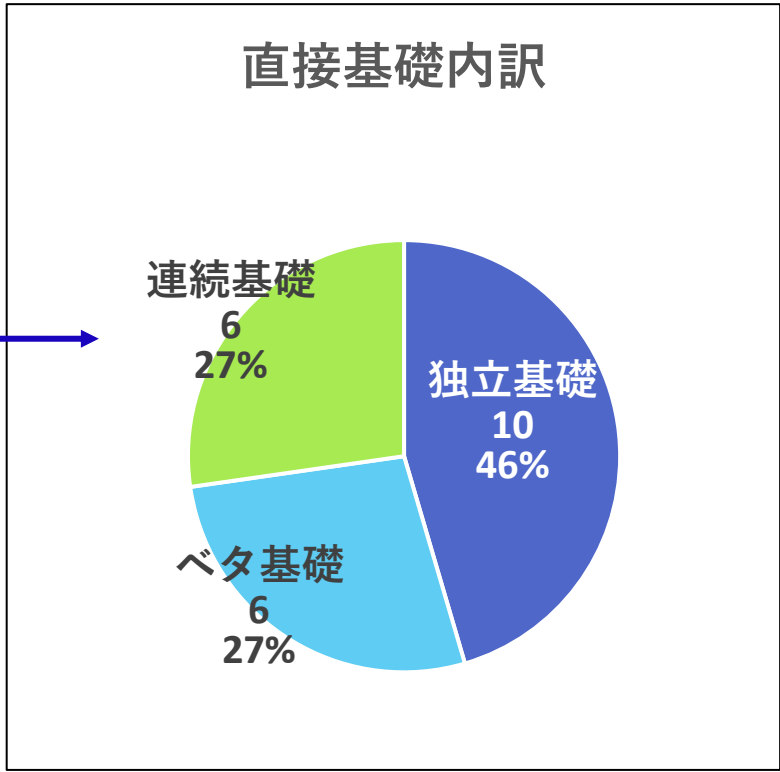
- アレイの傾斜角は**30度未満**に集中しており、全体の約8割以上。
- アレイの最高高さは**0.5~3.0m**が約8割を占める。
- 建築基準法の工作物の構造関連既定を適用する必要がある**高さ9mをこえる設備はなかった。**

基礎の形式 ①

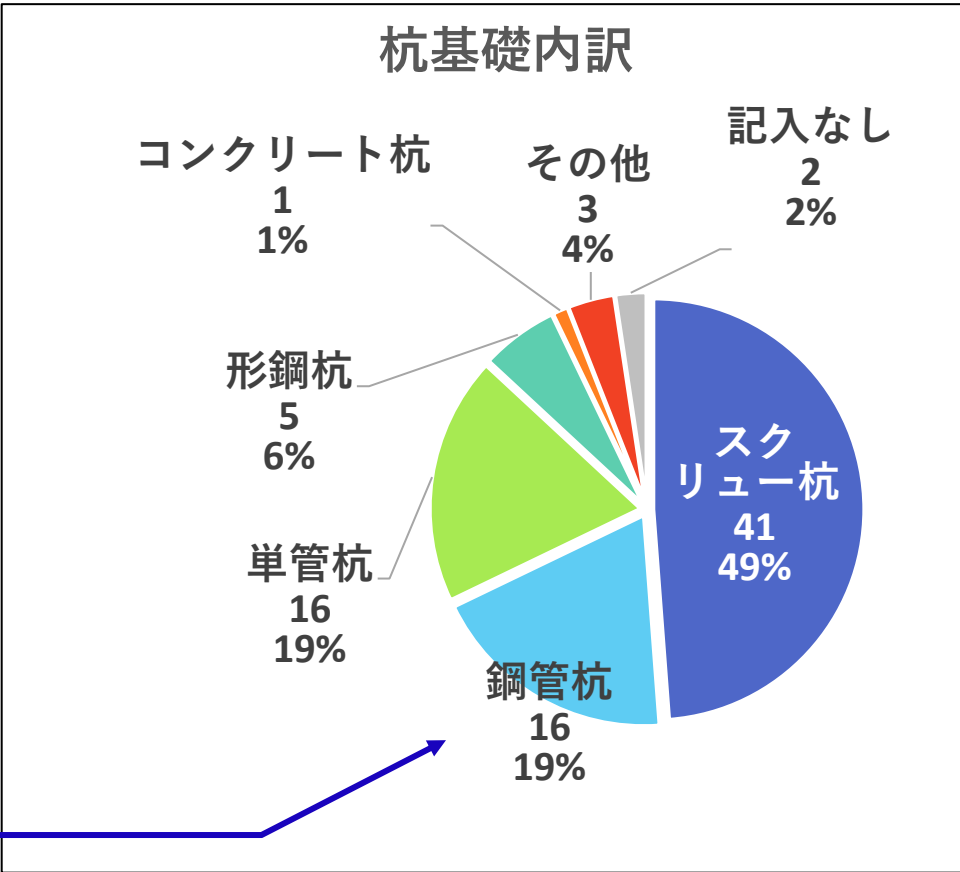
直接基礎・杭基礎の比率



直接基礎内訳

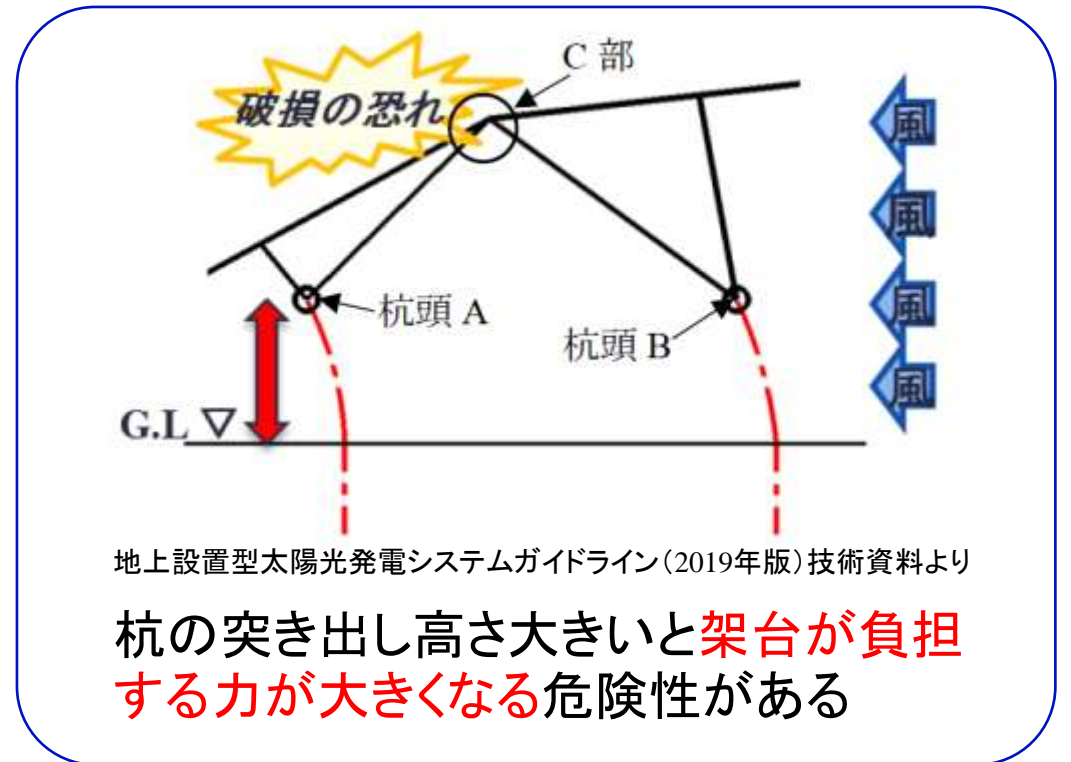
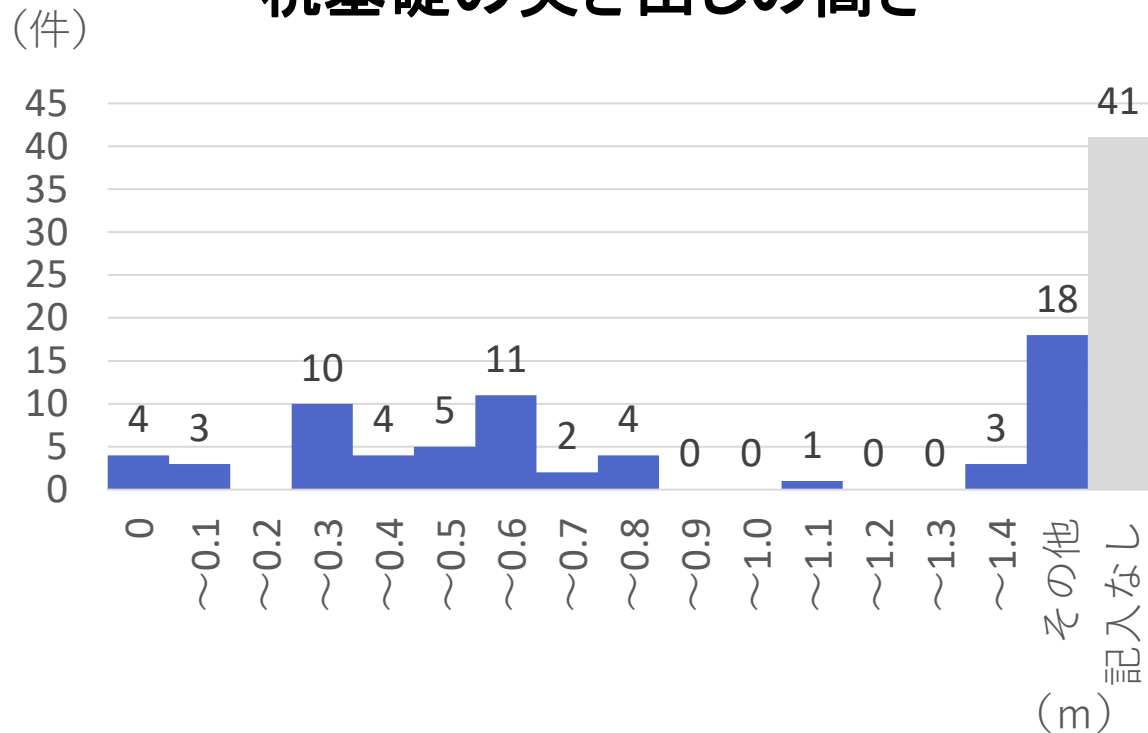


杭基礎内訳



- **杭基礎が約8割**を占める。
- 直接基礎は独立基礎が約半数。
- 杭基礎は**スクリュー杭が約半数**。鋼管杭、**単管杭**がそれぞれ**約2割**。

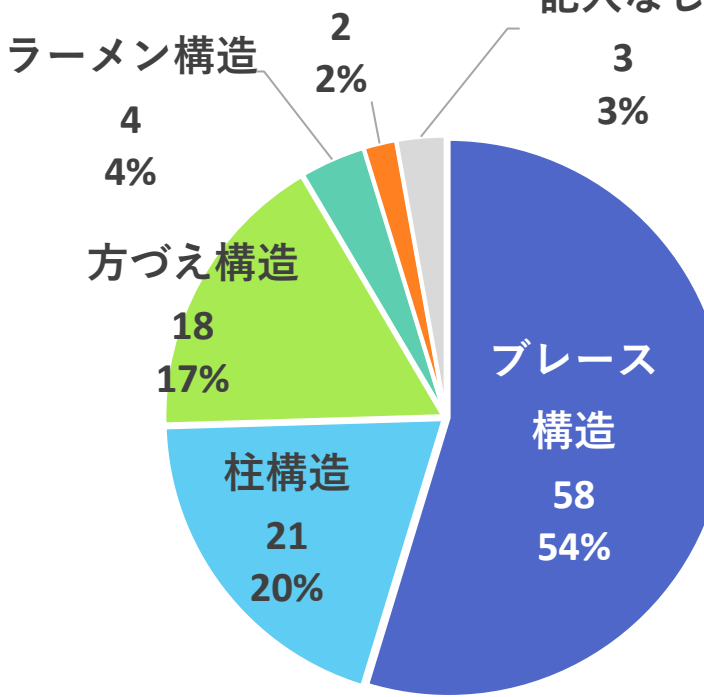
杭基礎の突き出しの高さ



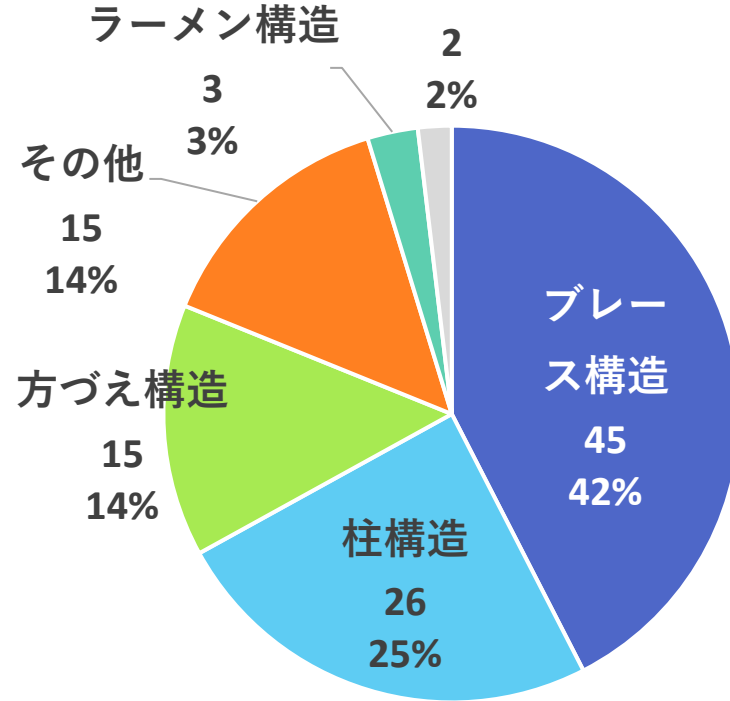
- 杭の突き出し高さは、架台柱脚の固定度に影響する。
- 突き出し高さは0.2~0.8mに集中しているが、1mを超えるものもある。
- その他(18件)は地盤に傾斜があるなどして、杭の突き出し高さが複数記載されていたもの。

架台の種類 ①

構造形式（南北）内訳
その他



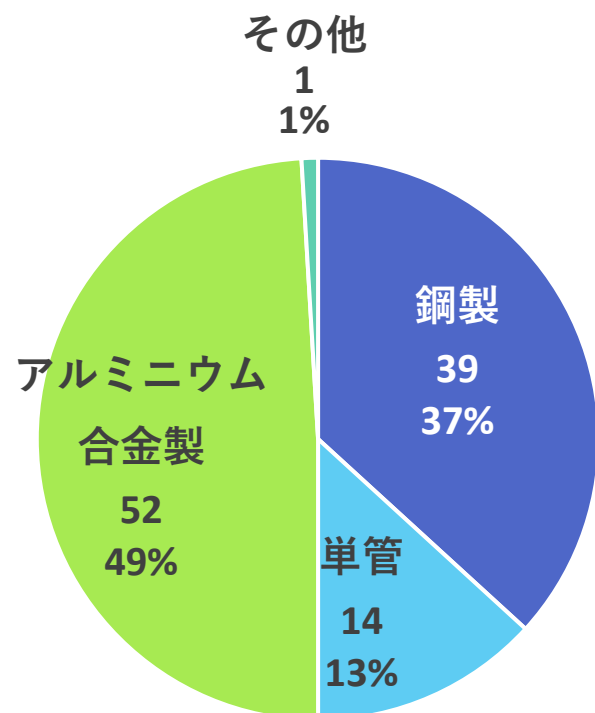
構造形式（東西）内訳
記入なし



- 南北・東西ともに**ブレース構造**がおおむね**半数**を占める。
- 東西方向のブレースは設置数も少なく、構造的に曖昧なものもあった。
- 南北方向に比べて**東西方向の構造耐力が軽視されている。**

	側面模式図	構造形式	背面(前面)模式図	構造形式
1		ブレース構造		ブレース構造
2		ブレース構造		方づえ
3		柱構造(方づえ)		柱構造
4		柱構造		柱構造
5		方づえ		方づえ
6		その他		ブレース構造
7		ブレース構造		その他

架台部材の材質



- 架台に使用されている部材の材質は**アルミニウム合金製が半数**を占める。
- 続いて鋼製、単管製の順であった。

<接合部について>

- アルミ合金製架台では柱脚部、ブレースなどの主要な接合部で力の掛かる方向に**T型スロット**や**長穴**を用いていることが多い。
- 単管製の架台ではクランプによる接合となっている。
- これらはズレなどが発生すると構造上の弱点となる事がある。



T型溝＋スロット



長孔(ルーズホール)

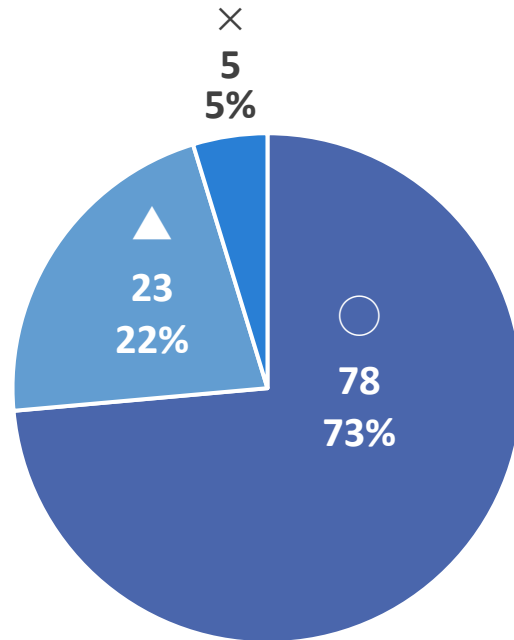


単管クランプ

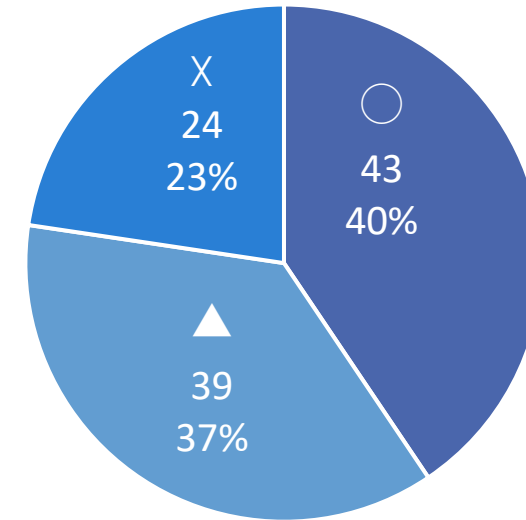


構造安全性の評価① : 架台の安全性

架台の安全性評価(南北方向)



架台の安全性評価(東西方向)



外観調査による一次評価

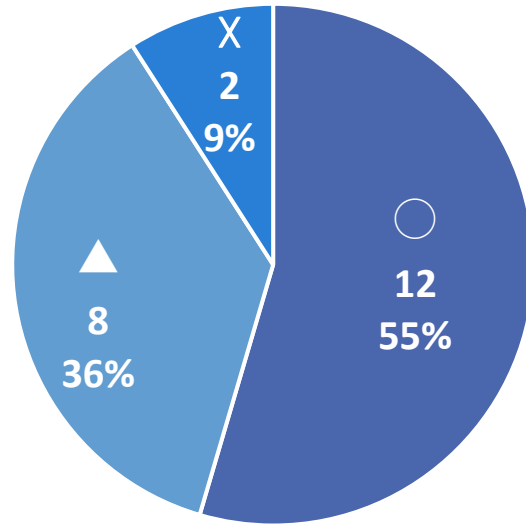
- :合格(一次評価)
- ▲:判定不能(二次評価が必要)
- ×:不合格

- 南北方向の安全性合格(○)が約8割
- 東西方向の安全性合格(○)が約4割
- 東西方向の安全性(構造耐力)が軽視されていることが分かる。



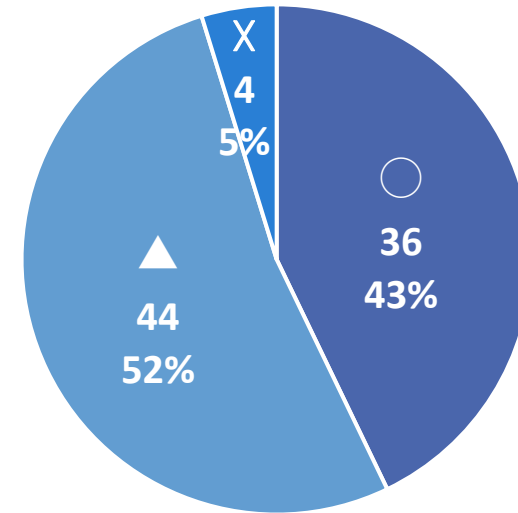
構造安全性の評価 ② : 基礎の安全性

直接基礎の安全性評価



- 直接基礎の合格(○)は55%であり、それらはベタ基礎と連続基礎であった。
- 独立基礎はコンクリート自重が不足していると思われるものが多かった。
- 直接基礎はコンクリートの自重で判断できるので一次評価(目視・寸法測定などによる評価)である程度の判断は可能である。

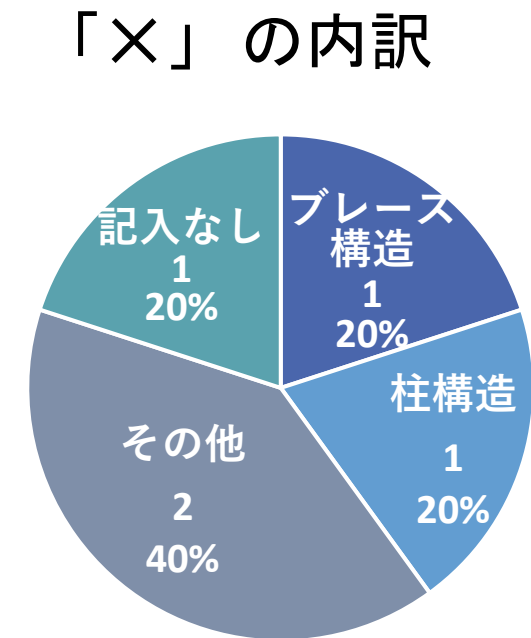
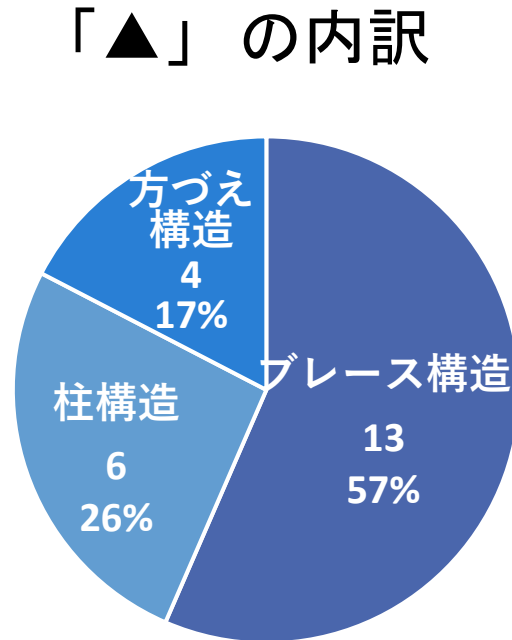
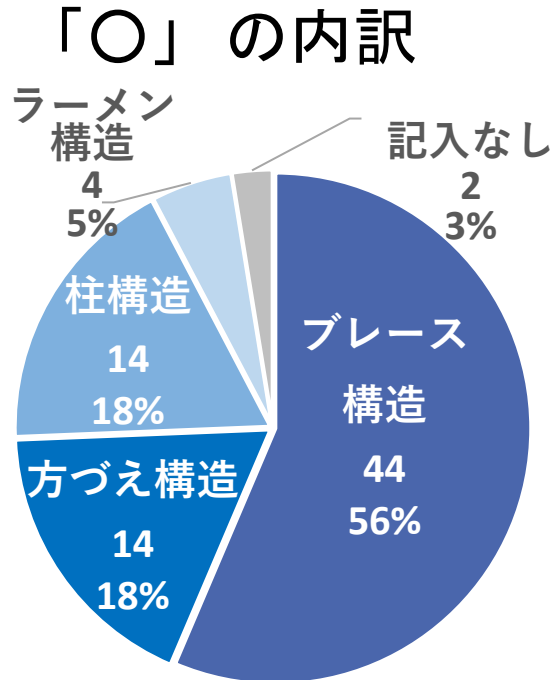
杭基礎の安全性評価



- 杭基礎の合格は36%であり、直接基礎より低い。
- 杭の打ち込み深さが不明なものが多く、ほとんどの場合において地盤調査が実施されていないため、判定不能(▲)が多い。
- 多くは二次評価(構造計算書の確認や載荷試験など専門家による評価)が必要という判定しかできなかった。

構造安全性評価の内訳 ① : 架台構造形式別(南北方向)

南北方向の架台構造形式

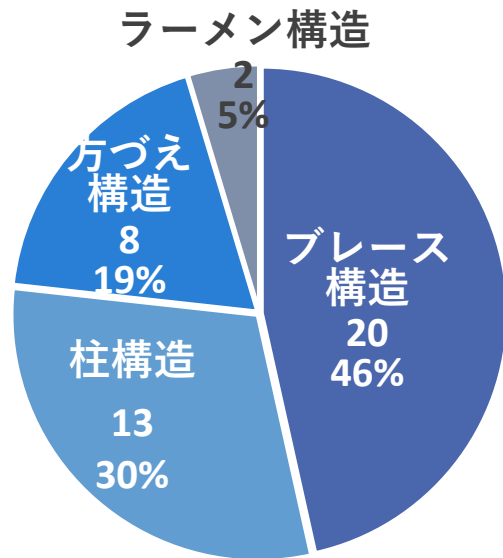


- 架台構造形式の合格(○)はブレース構造、方づえ構造、柱構造の順が多い。
- この順番は構造形式の種類の数とほぼ同じであり、構造形式の種類による合格率の顕著な差も見られない。

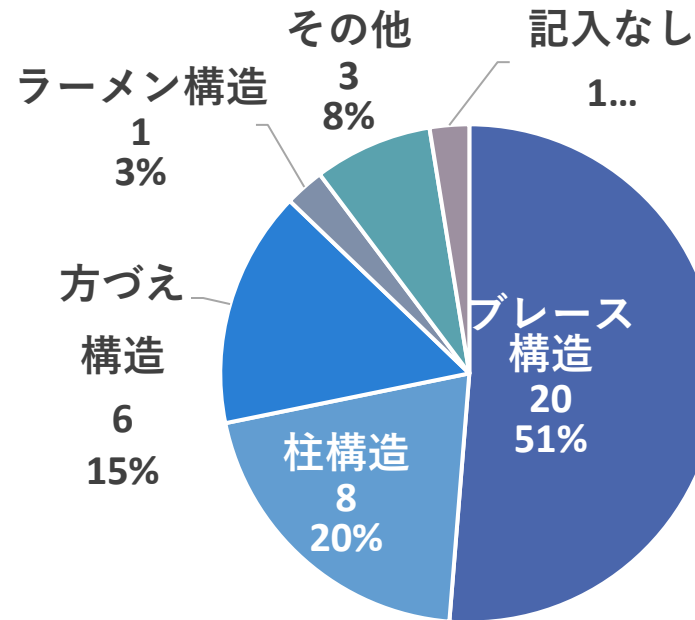
構造安全性評価の内訳 ② : 架台構造形式別(東西方向)

東西方向架台構造形式

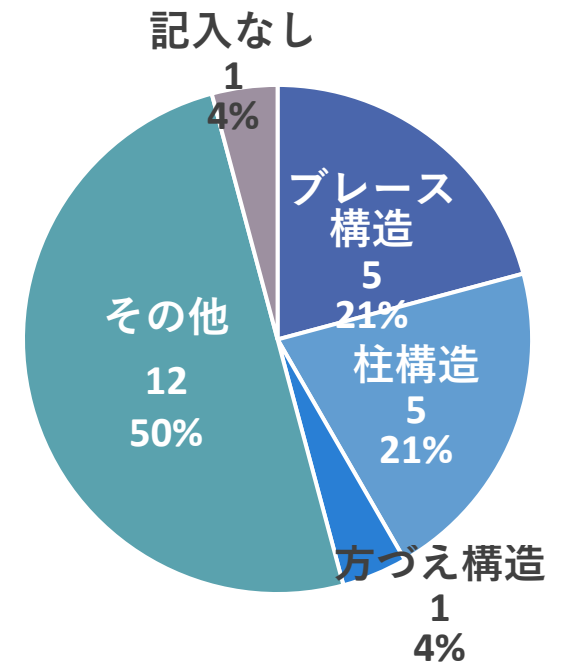
「○」の内訳



「▲」の内訳



「×」の内訳

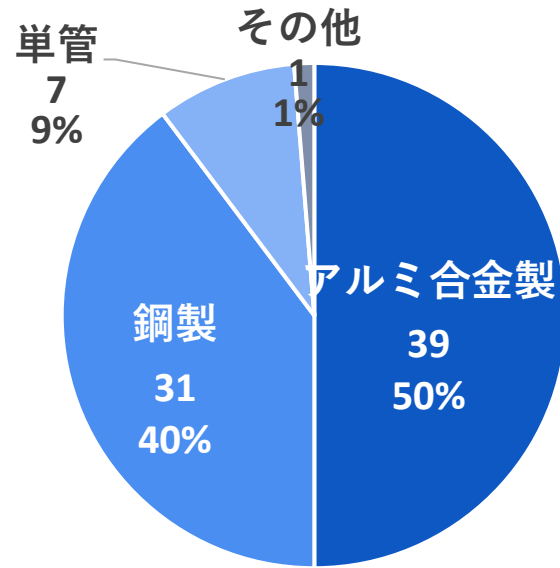


- 架台構造形式別の合格(○)の数は、ブレース構造、柱構造、方づえ構造の順で多い。
- この順番は架台構造形式の種類の数と同じであり、構造形式による合格率の顕著な差も見られない。
- 「その他」の架構はそもそも不安定構造(×)のものが多い。

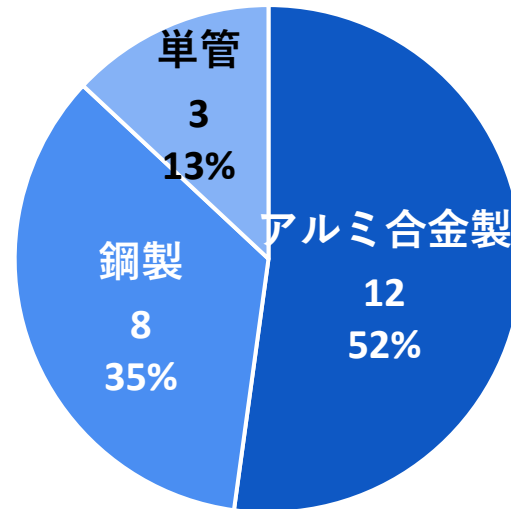
構造安全性評価の内訳 ③ : 部材材質別(南北方向)

部材材質内訳

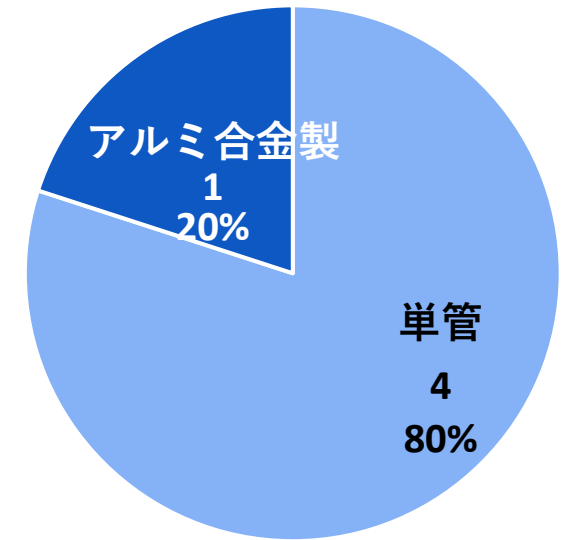
南北方向「○」



南北方向「▲」



南北方向「×」



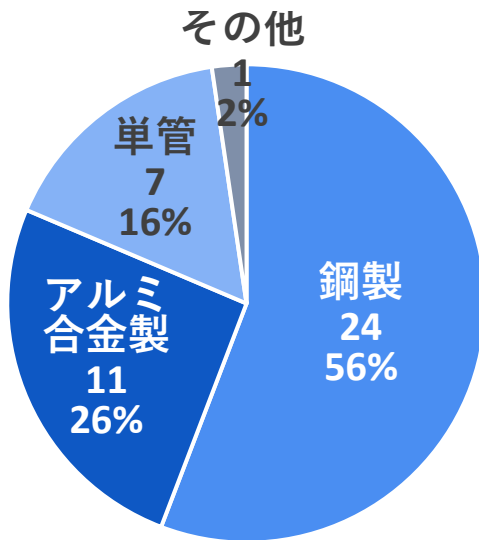
- 架台の材質別による合格(○)の数は、アルミ合金製、鋼製、単管の順で多い。
- この順番は架台の材質別の数の順と同じであり、材質別の種類による合格率の顕著な差も見られない。
- 不合格(×)は単管製の架台が多い。



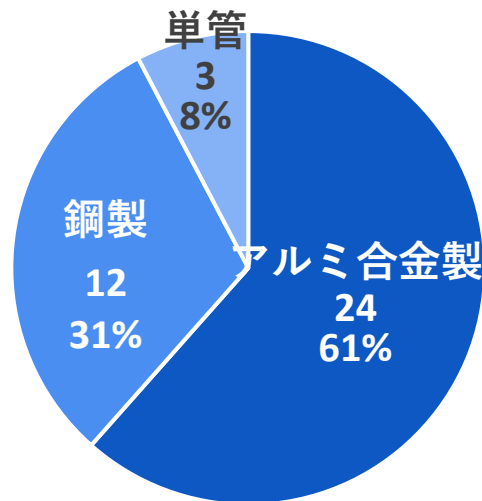
構造安全性評価の内訳 ④ : 部材材質別(東西方向)

部材材質内訳

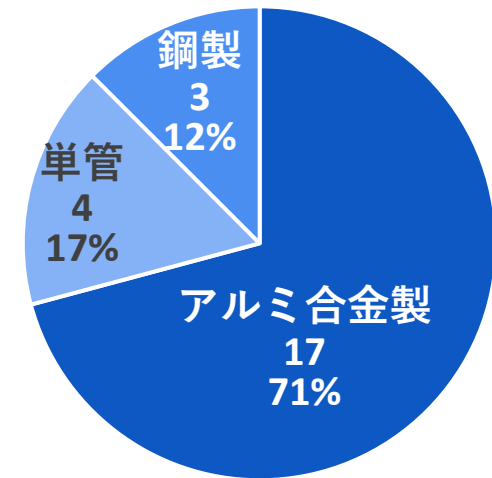
東西方向「○」



東西方向「▲」



東西方向「×」

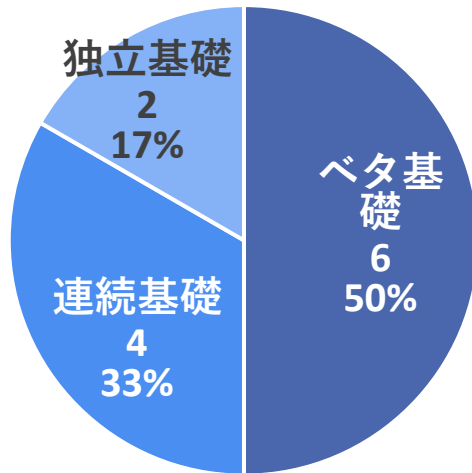


- 架台の材質別による合格(○)の数は、鋼製、アルミ合金製、単管の順が多い。
- この順番は架台の材質別の数の順と異なり、東西方向については鋼製の合格率が高い。
- 不合格(×)はアルミ合金製の架台が多い。
- アルミ合金製の架台では東西方向のブレース材が無いか、不足しているものが多いことが原因。
- 接合部についても応力方向への長孔やT型スロットの使用や節点に届いていないブレースの使用が見らる。

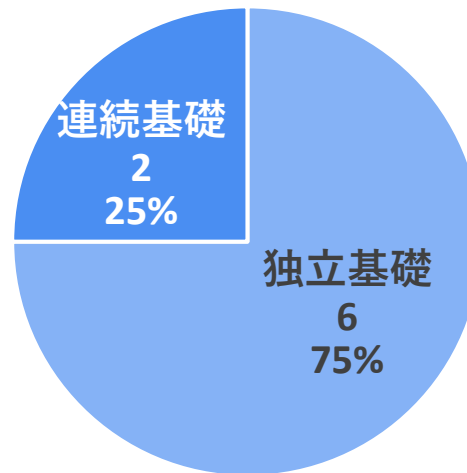
構造安全性評価の内訳 ⑤ : 直接基礎の形式別

直接基礎構造形式

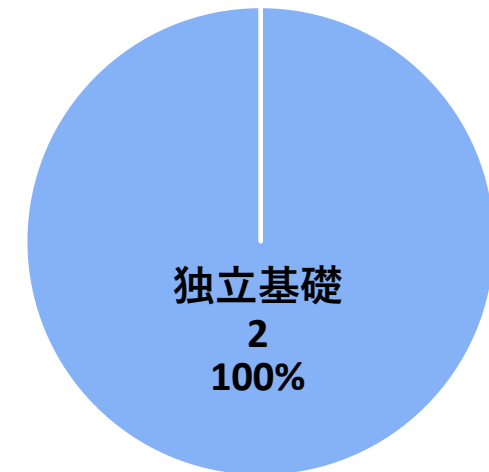
「○」の内訳



「▲」の内訳



「×」の内訳

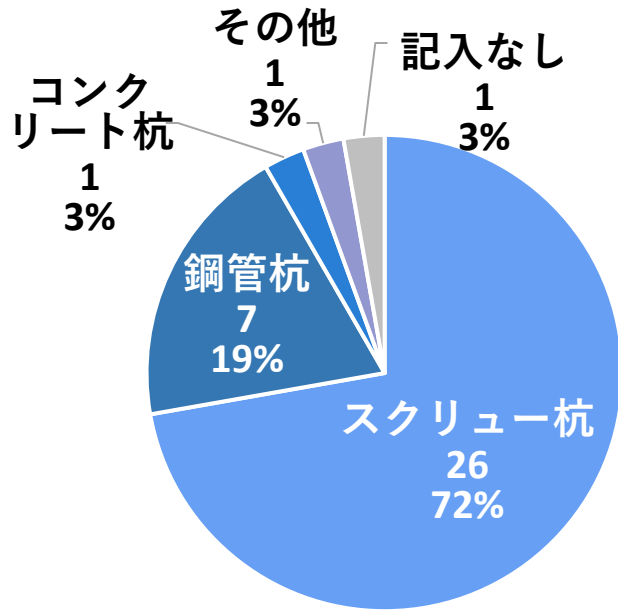


- 直接基礎では独立基礎の数が多かったが、**独立基礎の合格(○)は最も少ない。**
- 不合格(×)は独立基礎のみであり、その原因は**基礎断面の不足(重量不足)**である。

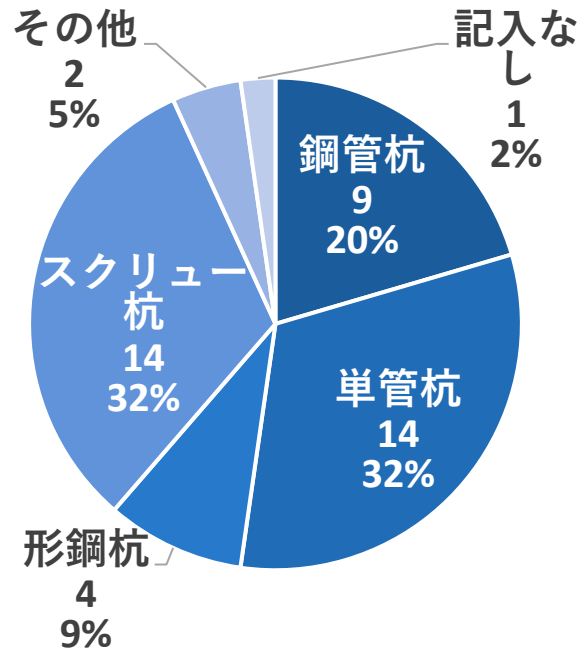
構造安全性評価の内訳 ⑥ : 杭基礎の形式別

杭基礎構造形式

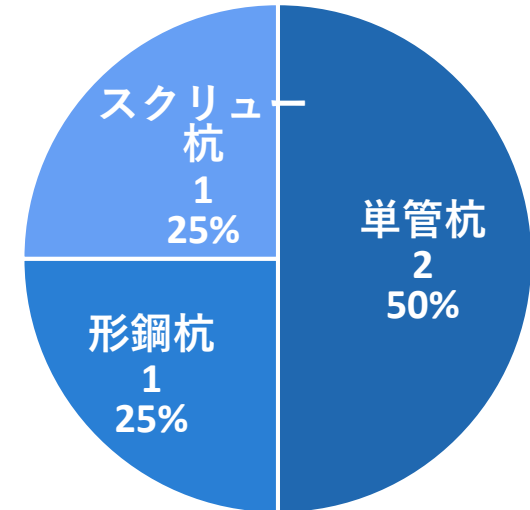
「○」の内訳



「▲」の内訳



「×」の内訳



- 杭基礎の合否判定は外観検査からは難しいため、判定不能(▲)が多くなっている。
- **スクリー杭の合格(○)の数が多い。**
- 単管杭は判定不能(▲)、不合格(×)の割合が多い。

- 金属腐食の問題

架台のサビの報告は12件あった。



- 雑草対策

発電に影響するほどの雑草が生い茂る現場は8件報告された。

調査結果から分かったこと

- 高い確率で設計図書が整備されていない
 - ⇒ 専門家による詳細な構造安全性の評価ができない
 - ⇒ 補修・補強の検討時にも必要
- 架台の構造安全性は、東西方向についての合格率が低く、使用率の高いアルミ合金製の架台での不合格が多い。
 - ⇒ ブレースの配置がない、あるいは不足している
 - ⇒ 応力方向への長孔やT型スロットによる接合部の使用
 - ⇒ 南北方向については単管架台の不合格が多い
- 杭基礎の使用率は高いが、合格率は直接基礎より低い。
- スクリュー杭の使用率が高く、構造安全性の合格率も高い。
- 直接基礎では、独立基礎の使用率は高いが合格率は低い。



営農型PVの評価

調査対象とした中には営農型あるいは構造的に営農型と同様な形式のものが**11例**あった。その主な特徴は次のとおりである。

●基礎形式

- 基礎形式は**直接基礎が3例**あるが、**杭基礎が8例**であった。
- 杭基礎の内訳 スクリュー杭:3例、単管杭:4例、その他:1例(鋼管杭)

●架台の構造形式

- 架台はスクリュー杭に載っているものはすべてアルミ合金製であった。
- 構造はラチス構造あるいはトラス構造の横架材とブレース構造の併用であった。
- 単管杭では杭がそのまま上に伸びた柱構造に、単管の横架材と方づえを設けている。
- 直接基礎に載った3例は構造はH形鋼、角パイプ、ラチス梁を用いたラーメン構造。



●架台と基礎の安全性評価

- **単管架台は構造的な配慮に欠けており、変形が進んでいたり、既に補強箇所があるものが見られた。**
- **杭(単管)の貫入深さの不足が懸念される。**
- 単管架台以外は構造計画が読み取れる架構形式であった。
- 1例だけであるが水平ブレースを配置しているものがあった。



- 図面を簡易に作成できるシステムの開発
- 構造安全性を簡易判定できるマニュアルの作成
- 架台接合部の補強方法の検討
- 杭基礎の性能の簡易推定方法の検討
- 基礎の補強方法の検討



1. 実態調査の背景

2. 調査結果

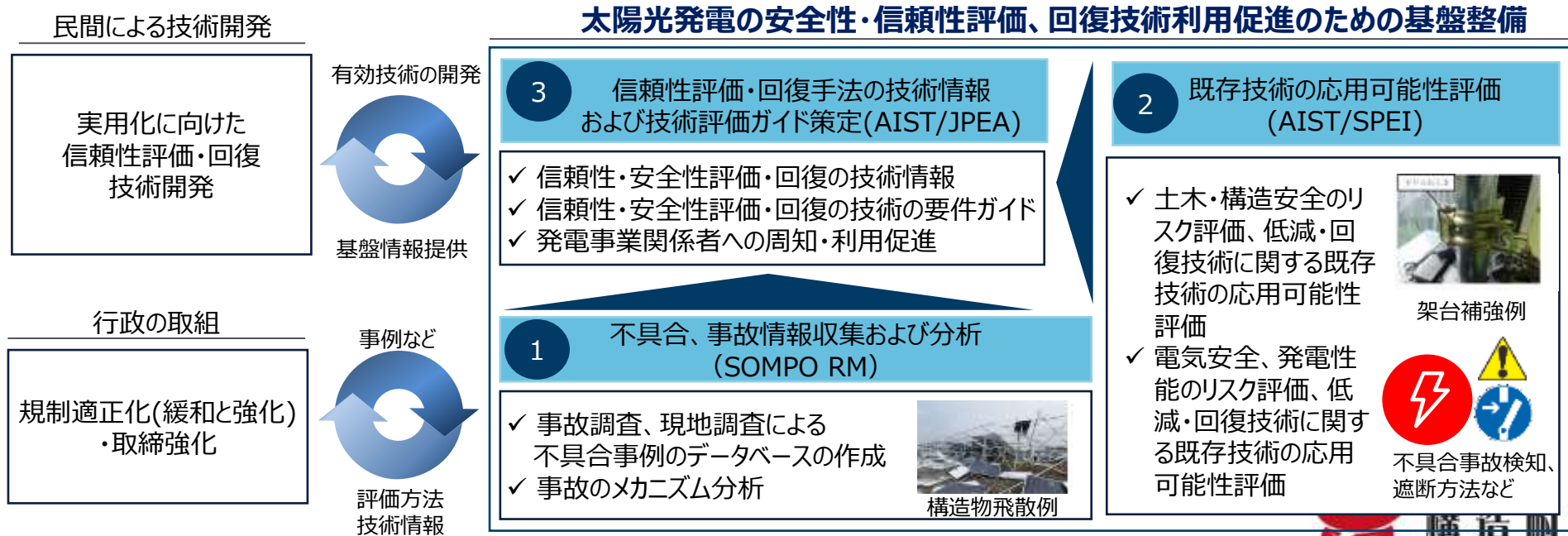
3. 現在進行中のNEDO研究について



【提案者名】 国立研究開発法人産業技術総合研究所(AIST) (全体とりまとめ)
 一般社団法人構造耐力評価機構(SPEI)
 SOMPOリスクマネジメント株式会社(SOMPO RM)
 一般社団法人太陽光発電協会(JPEA)

【開発目標】 PV発電設備の評価・回復手法の技術情報および技術評価ガイド策定

長期安定電源化の実現：公衆安全の確保、FIT終了後の発電事業継続、ストック量維持



【提案者名】 関西電力株式会社（全体とりまとめ）

→再委託：産業技術総合研究所，構造耐力評価機構

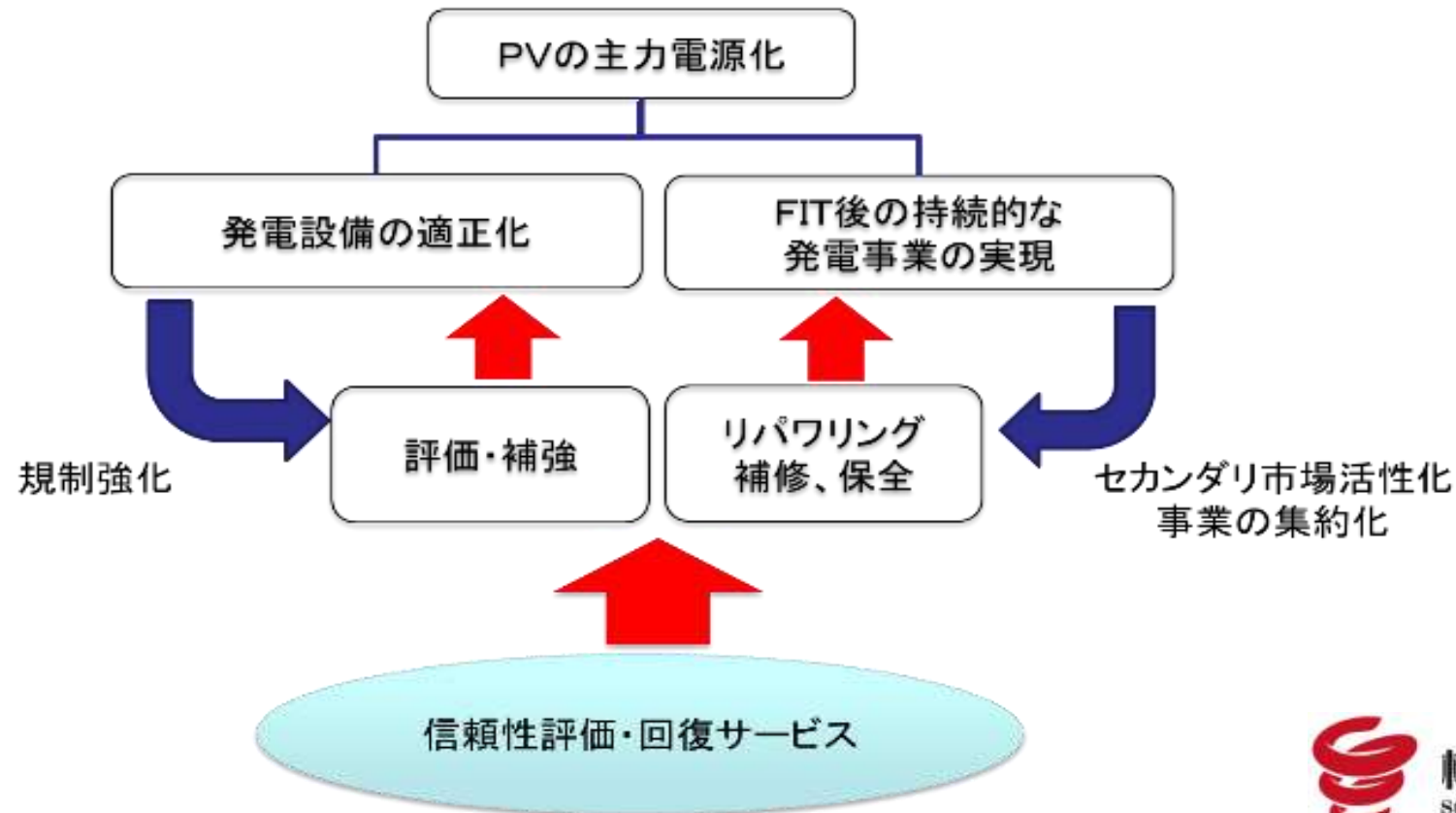
株式会社エクソル（架台に関する開発技術の適用性検討）

株式会社CO2O（地盤・基礎に関する開発技術の適用性検討）

アジア航測（緊急時点検技術，図面作成技術の開発）

日本地工（杭基礎補強技術，基礎の支持力評価技術）

【開発目標】 信頼性評価・回復技術の開発

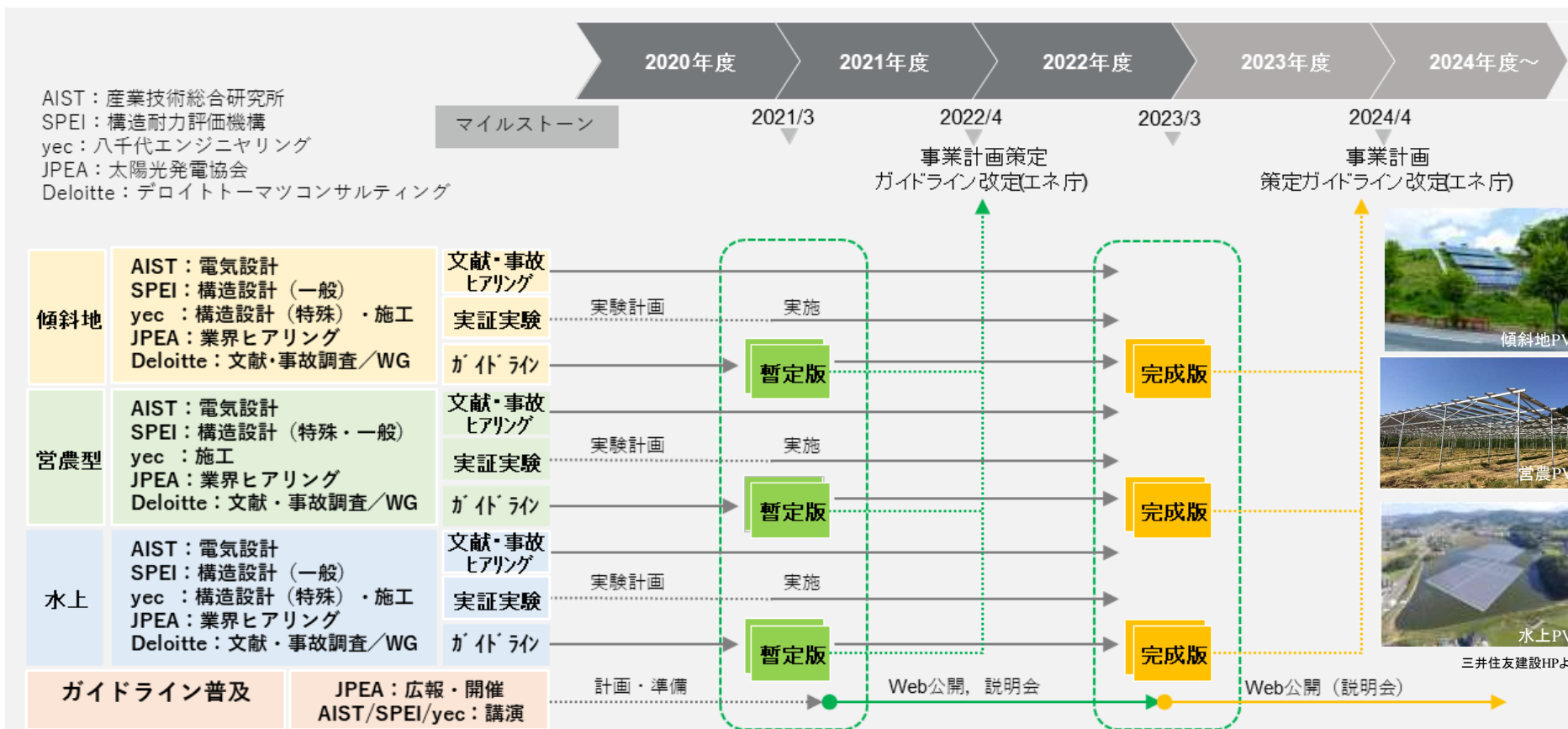


特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定

【提案者名】 国立研究開発法人 産業技術総合研究所，一般社団法人 構造耐力評価機構，八千代エンジニアリング株式会社，一般社団法人 太陽光発電協会，デロイトトーマツコンサルティング合同会社

再委託：公立大学法人 大阪市立大学，学校法人 北海道科学大学，国立研究開発法人 防災科学技術研究所

【開発目標】 本研究開発では、2019年に発行された「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン」（NEDO）をベースに、近年増加傾向にある傾斜地、営農（農地）、水上の新しい設置環境の太陽光発電設備を対象とした設計・施工ガイドラインを策定することを目標とする。





一般社団法人 構造耐力評価機構

高森 浩治

TEL:06-6258-6200

Email:k_takamori@spei.or.jp

