

PVシステムのリスク評価とリスク軽減手法の検討

岡島敬一¹・小林 樹¹・大関 崇²

¹筑波大学 大学院システム情報工学研究科

²産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター システムチーム

研究の目的

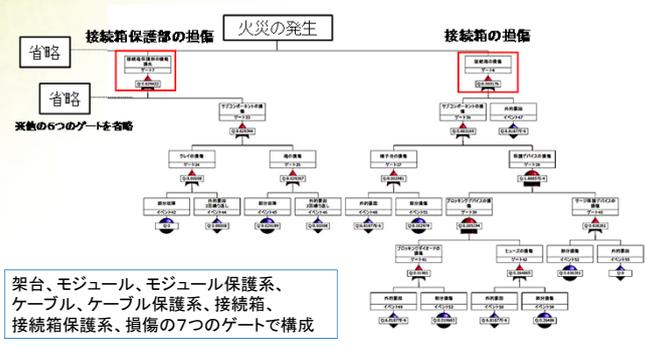
PV火災に対する状況

- 実際の事故に基づくインシデント報告がみられ始めてきている
- 火災発生メカニズムの解明・対策検討が始まってきている
- PV設置ガイドラインは各国で強化されつつある

しかしながら費用対効果の高いリスク軽減措置が確認されていない

目的：リスク軽減措置の費用対効果の定量的評価

フォルトツリーの構築



対象としたリスク軽減措置

①軽減措置の有無による評価(Group A)



②構成要素の補強による評価(Group B)



リスク軽減措置の費用対効果評価

指標Q, MCを以下の通り定義し、費用対効果を評価

○ 信頼性対策効果 Q 単位対策費用あたりの損失軽減額の期待値

$$Q = \frac{\text{Benefit}}{\text{Prevention Cost}} = \frac{(F_0 - F_1) \times \text{Loss Cost}}{\text{Prevention Cost}} \quad (1)$$

○ 単位改善費用 MC 措置によって軽減された単位故障数あたりの対策費用

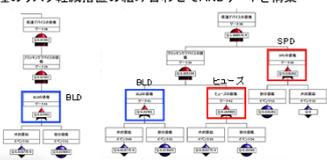
$$MC = \frac{\text{Prevention Cost}}{n_0 - n_1} \quad (2)$$

Prevention Cost: 対策費用
 F_0 : 措置未適用時の不信頼度(基準となる不信頼度)
 F_1 : 措置適用時の不信頼度
 Benefit: 損失軽減額
 Loss Cost: 経済的損失
 n_0 : 措置未適用時の故障数(基準となる故障数)
 n_1 : 措置適用時の故障数

評価手順、設定と前提条件

最小単位として20 kWのシステムを想定

①軽減措置の有無による評価(Group A)
 3種のリスク軽減措置の組み合わせでANDゲートを構築



○対策費用 Prevention Cost

リスク軽減措置	対策費用[万円]
BLD付コネクタ	7.3
ヒューズ	1.0
SPD	3.2
ケーブルカバー	2.5-6.0
接続箱	0.5-2.0
モジュールコネクタ	1.0-5.0

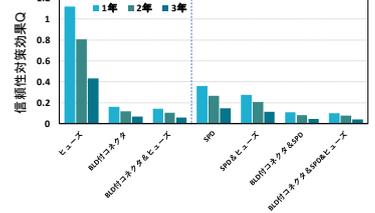
②構成要素の補強による評価(Group B)
 各要素の故障率を25, 50, 75, 100%に設定し評価

故障軽減率[%]	故障率[PPM/H]	不信頼度
0(基準)	0.3411	0.6205
25	0.2558	0.6182
50	0.1705	0.6160
75	0.0853	0.6136
100	0	0.6113

○経済的損失 Loss Cost
 $\text{Loss Cost} = \text{総発電ロス} \times \text{売電価格}$
 1年間運用時に火災が発生した場合
 $\text{Loss Cost} = 1258 \times 20 \times 19 \times 32 \approx 1530 \text{万円}$
1258 kWh/year: 1kWシステムの年間発電量
 20 kW: モジュールシステム容量
 19 year: 火災発生時の本来の残り耐用年数 32円/kWh: 売電価格

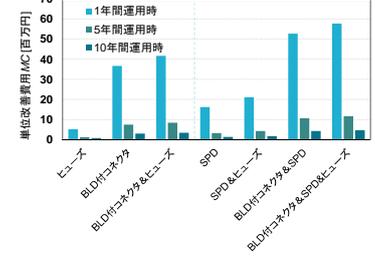
措置の有無による評価 Group A

信頼性対策効果Q (1年、2年、3年運用時)



- ヒューズの信頼性対策効果Qが1.1と最も高い(1年間運用時)
- ヒューズのQはBLD付コネクタの約5倍となる
- 組み合わせることで信頼性は向上するが、Qの向上には結びつかない
- 対策費用の影響を強く受ける
- ヒューズの費用対効果が相対的に高い

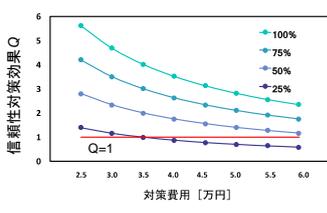
単位改善費用MC (1年、5年、10年運用時)



- BLD付コネクタ&SPD&ヒューズに代表されるように、対策費用の高い組み合わせほど単位改善費用が高い
- 運用年数1年の時の単位改善費用を1とすると、およそ5年運用時は0.2、10年運用時は0.1となる
- 運用年数の増加に伴い故障数が増加するため、Qは逆に減少する
- 対策費用の影響を強く受ける

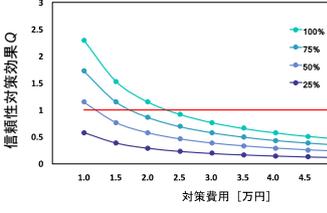
構成要素の補強による評価 Group B

ケーブルの軽減率別信頼性対策効果



- 100%軽減かつ対策費用2.5万円の時、信頼性対策効果Qが約5.5と高い
- 50%故障軽減の時 対策費用に依らず閾値を上回る
- 50%以上の故障軽減を見込める時リスク軽減措置として効果的

モジュールコネクタの軽減率別信頼性対策効果



接続箱の軽減率別信頼性対策効果

- 安い対策費用と高い軽減率両方の実現が必要
- 0.5万円から1.0万円程度の対策費用で50%以上の軽減率が必要

結論

- 信頼性対策効果Q、単位改善費用MCを定義・導入し、定量的評価を実施した。対策費用DBの構築により、各軽減措置へ展開可能。
- ヒューズの信頼性対策効果はBLD付コネクタの約5倍で費用対効果が相対的には高いが、Qは最大で1.1と小さい。
- ケーブル、接続箱、モジュールコネクタの中ではケーブルの信頼性対策効果が最も閾値を上回る点が多い。
 ⇒ 50%の故障軽減の実現で、費用に依らず閾値を上回る可能性が見込める。
- 接続箱、モジュールコネクタは安価な対策費用と高い故障軽減率の両方を実現できれば、リスク軽減措置として有用となる。

謝辞: この成果は、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) の委託業務の結果得られたものです