

船舶での落雷対策

避雷針を用いた落雷対策の限界について

何故、PDCE避雷針による落とさない対策なのか？

2013年3月12日

落雷抑制システムズ 松本敏男



株式会社 落雷抑制システムズ

Lightning Suppression Systems

内容

前篇 陸上施設での避雷針

1. 通常避雷針の限界
2. 捕捉率を高めるための試み
3. 雷電流の影響
4. 雷電流の解決策
5. 何故、落雷するのか？
6. 残された解決策 落雷を発生させない
7. PDCE避雷針の原理(1)
PDCE避雷針の原理(2)
PDCE避雷針の原理(3)
8. 落雷を発生させない対策
9. 結論
10. 放電実験による点と面
11. 実際の現場での効果

後篇 海上での落雷対策

10. 船舶の特殊性
 11. 通常避雷針とPDCEの比較
 12. 引下げ導線
 13. 艦船と建築物の相違点(1)
艦船と建築物の相違点(2)
 14. 使用例 「ちきゅう」
 15. 使用例 クレーン船(未着工)
 16. 使用例 石油掘削リグ
 17. 使用例 波力発電装置
- 結論

前編 陸上施設での避雷針

1. 通常避雷針の限界

捕捉率が100%でない

通常避雷針を付けても落雷を100%捕捉できない

捕捉率を高めるための色々な工夫

- 1) 突起部を増やした避雷針 「受雷針」
- 2) 保護対象のカバー率を広げた避雷針 「パラキャッチ」
- 3) お迎え放電を放出し易くした 「ESE避雷針」
ESE : Early Streamer Emission



光産業 集雷針

これらは、落雷を捕捉する避雷針としては秀逸。

2. 捕捉率を高めるための色々な試み

パラキャッチ避雷針



被保護物【パラボラ】の真上まで水平避雷針を伸ばして、カバー率を向上させたもの

ESE避雷針



球形の部分に地面の電荷を貯えることで、お迎え放電を放出し易くしたもの

しかし、落雷を誘導すれば解決と言う単純な話しではない

3. 雷電流の影響

落雷を捕捉した後の問題

雷電流

市街化が進み、無人であった場所にも住宅建設が進む

落雷による周辺住宅での地電位上昇による苦情

基地局建設後に落雷が増加した

雷被害が増加した(損害を補償しろ!)

住宅火災が心配だ

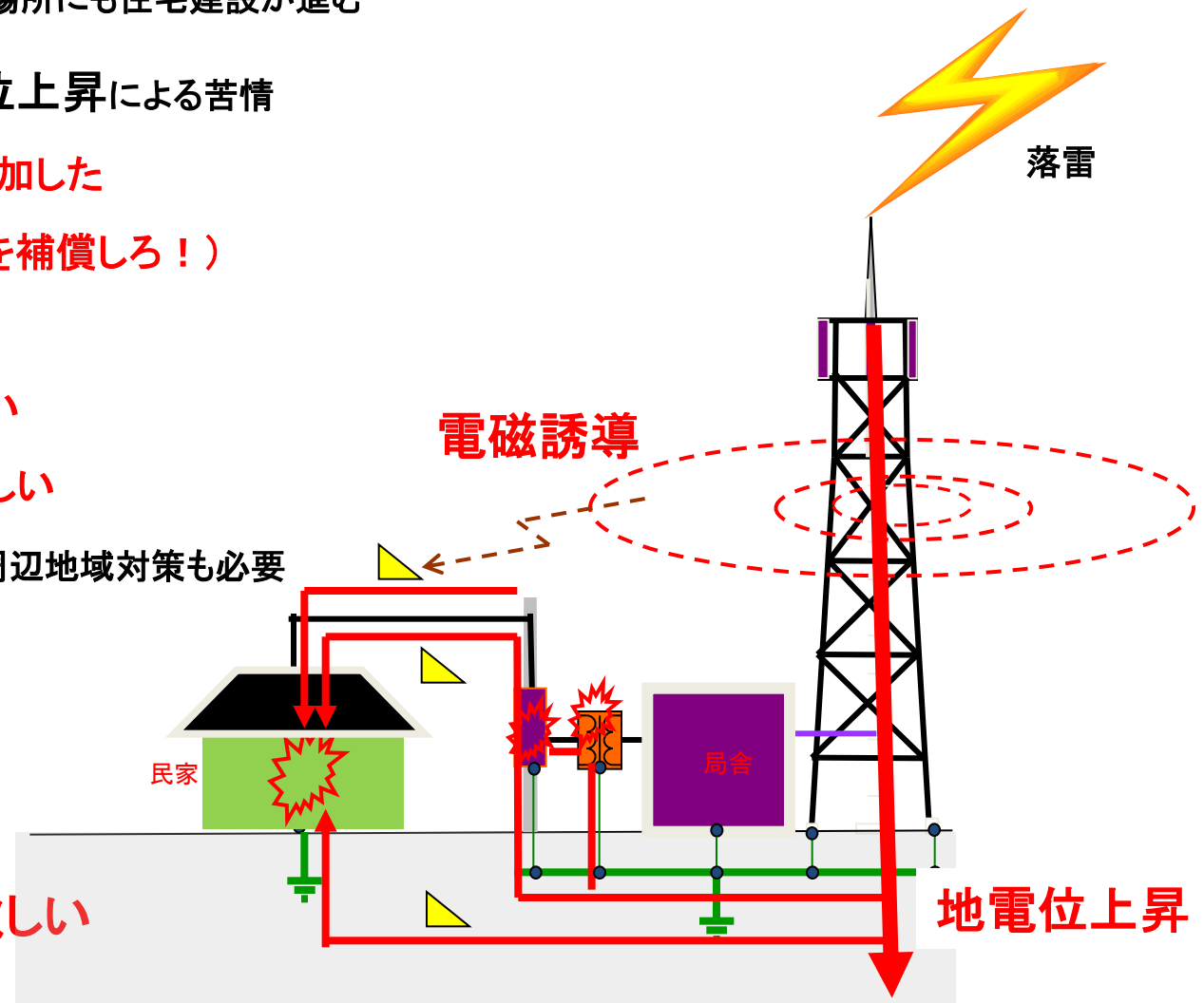
安心できる生活に戻りたい

雷が落ちない様にして欲しい

内部設備の保護は十分でも周辺地域対策も必要



基地局を撤去して欲しい



4. 雷電流の解決策

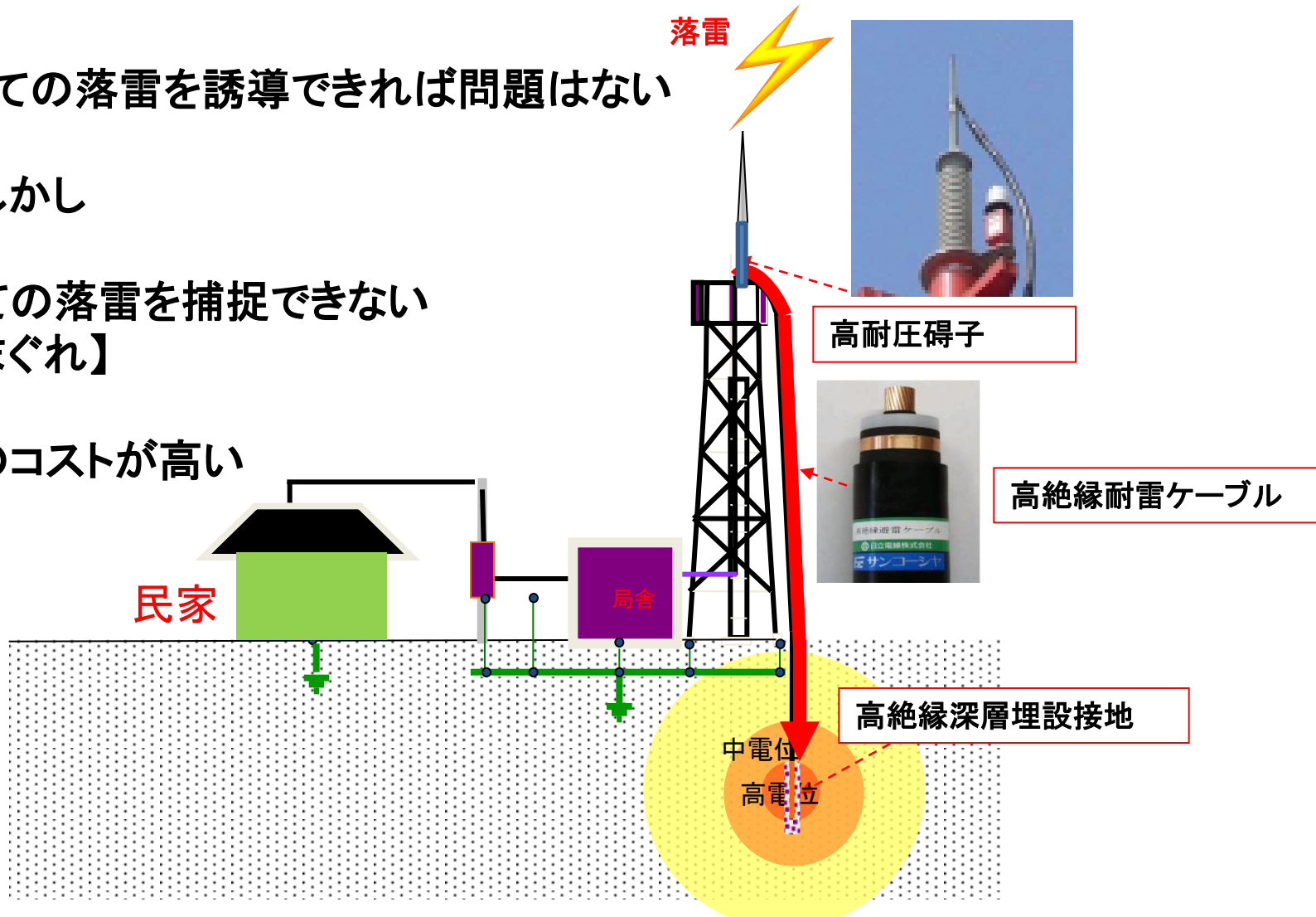
落雷させてから絶縁ケーブルと深埋接地で処理

避雷針へ全ての落雷を誘導できれば問題はない

しかし

必ずしも全ての落雷を捕捉できない
【落雷は気まぐれ】

ボーリングのコストが高い



大地深くに雷電流を放流し、地表に波及する電位を低く抑えるシステム

5. 何故、落雷するのか？

落雷にまつわる誤解

1) 高い場所へ落雷する ×

雷は、6000m以上の上空から、地表の構造物の高低を判定できるか？ 答え できない

何を求めて降りてくるのか？ 高さではなく、帯電している強度

2) 落雷は一方的に落ちてくる ×

地表の帯電強度も一様ではなく、帯電した部分から放電し易い、放電し難い条件はある

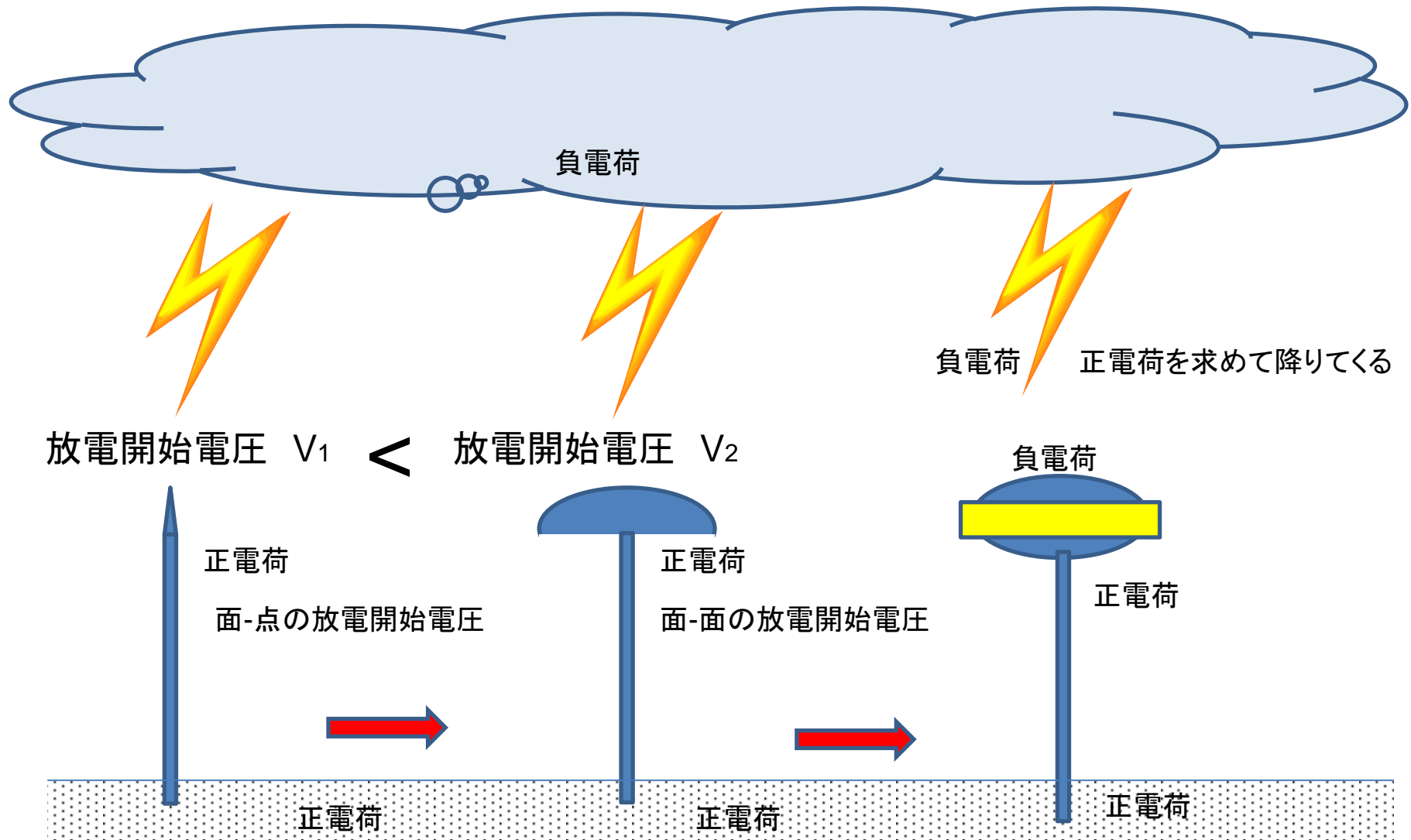
雷雲と地表との相関関係で落ちてくる

地表からのお迎え放電を出しにくくする事が、落雷を誘導しないために重要

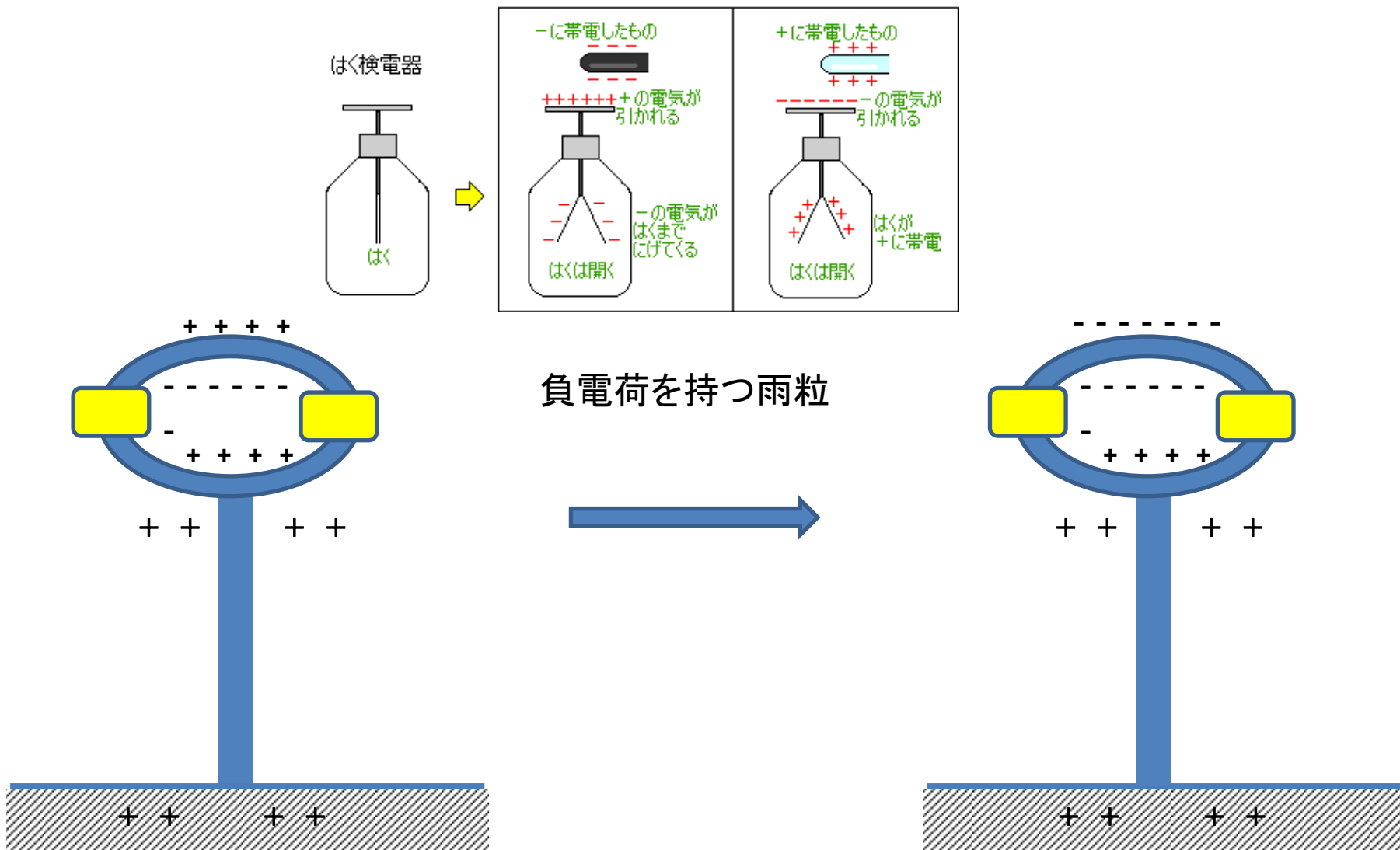
しかし、常に100%の落雷防止はできない

6. 残された解決策

落雷を発生させない対策

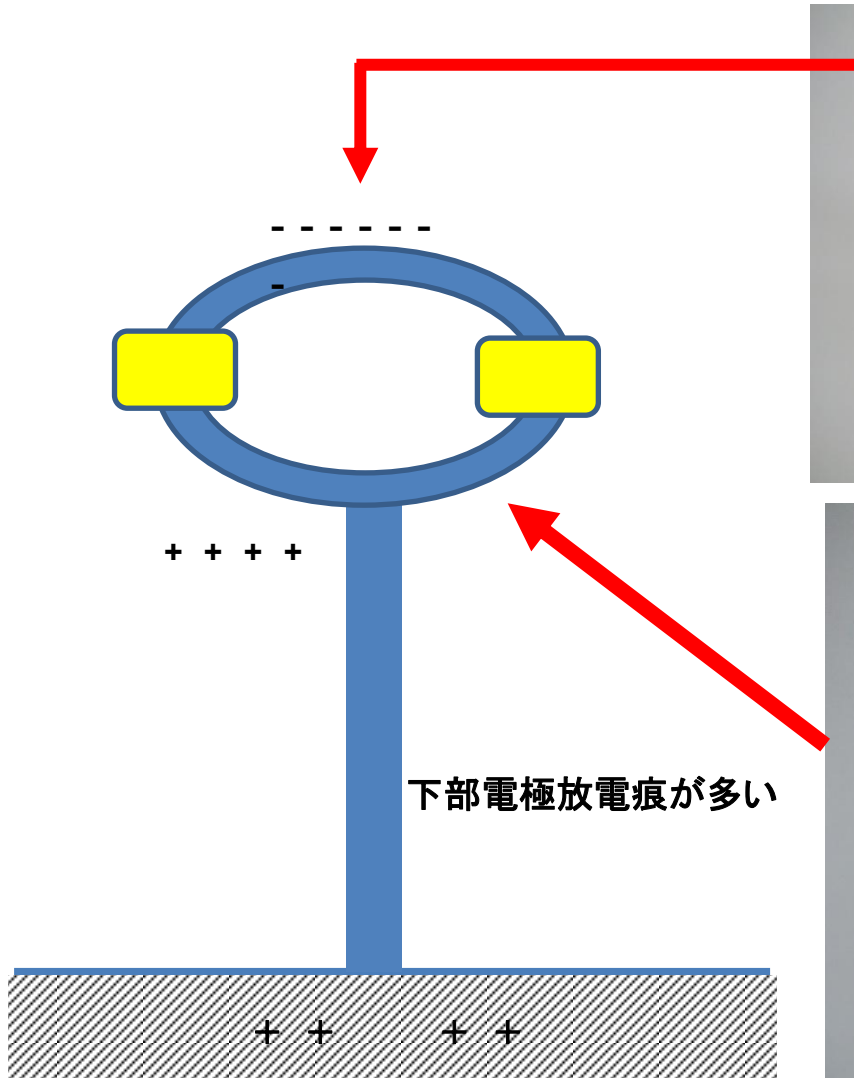


7. PDCE避雷針の原理 (1)



7. PDCE避雷針の原理 (2)

どこに放電しているか(実証)



上部電極には放電痕が少ない

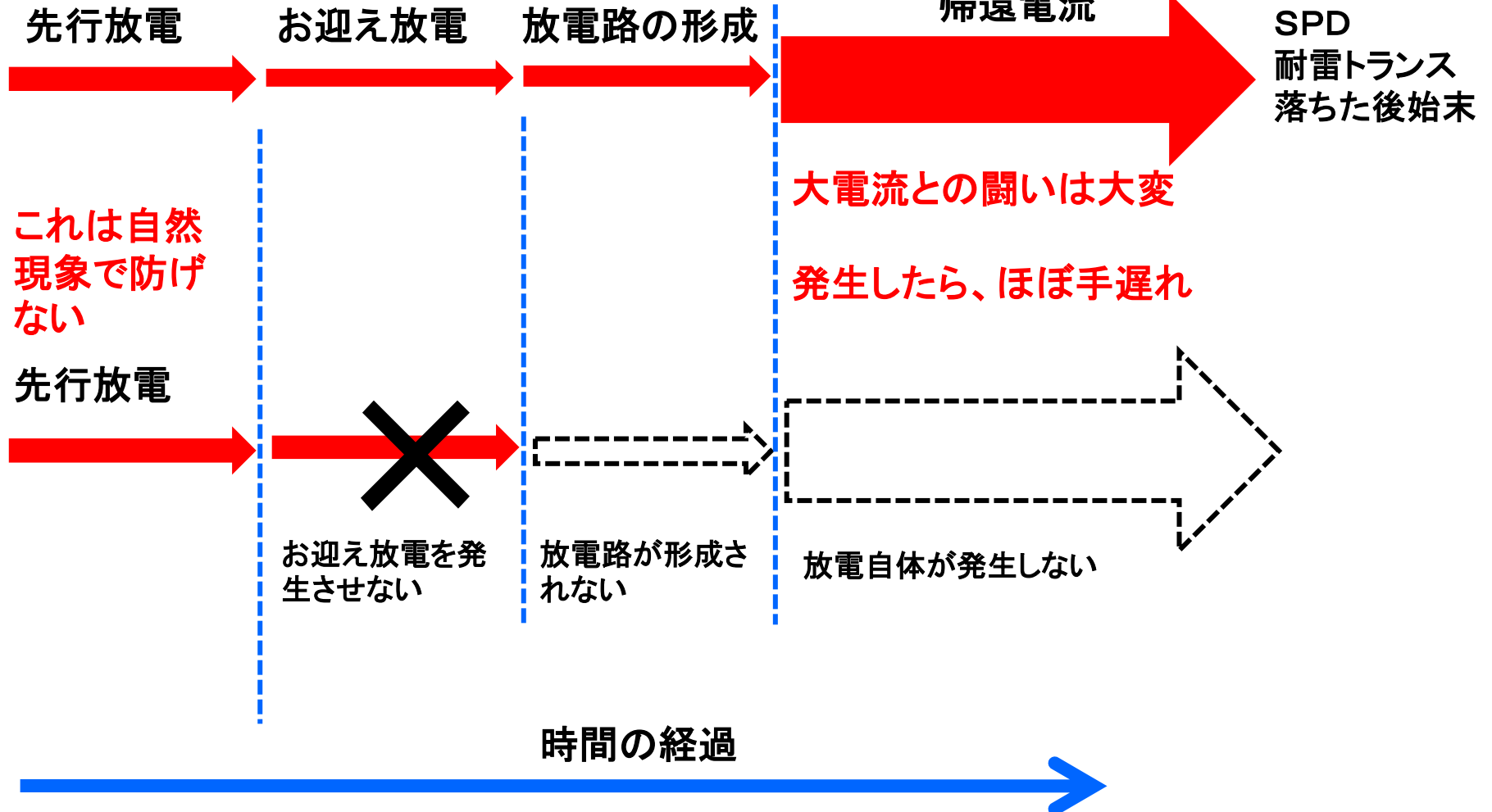


下部電極放電痕が多い

7. PDCE避雷針の原理 (3)

時間軸で見ると

落雷発生ステップ



8. 落雷を発生させない対策

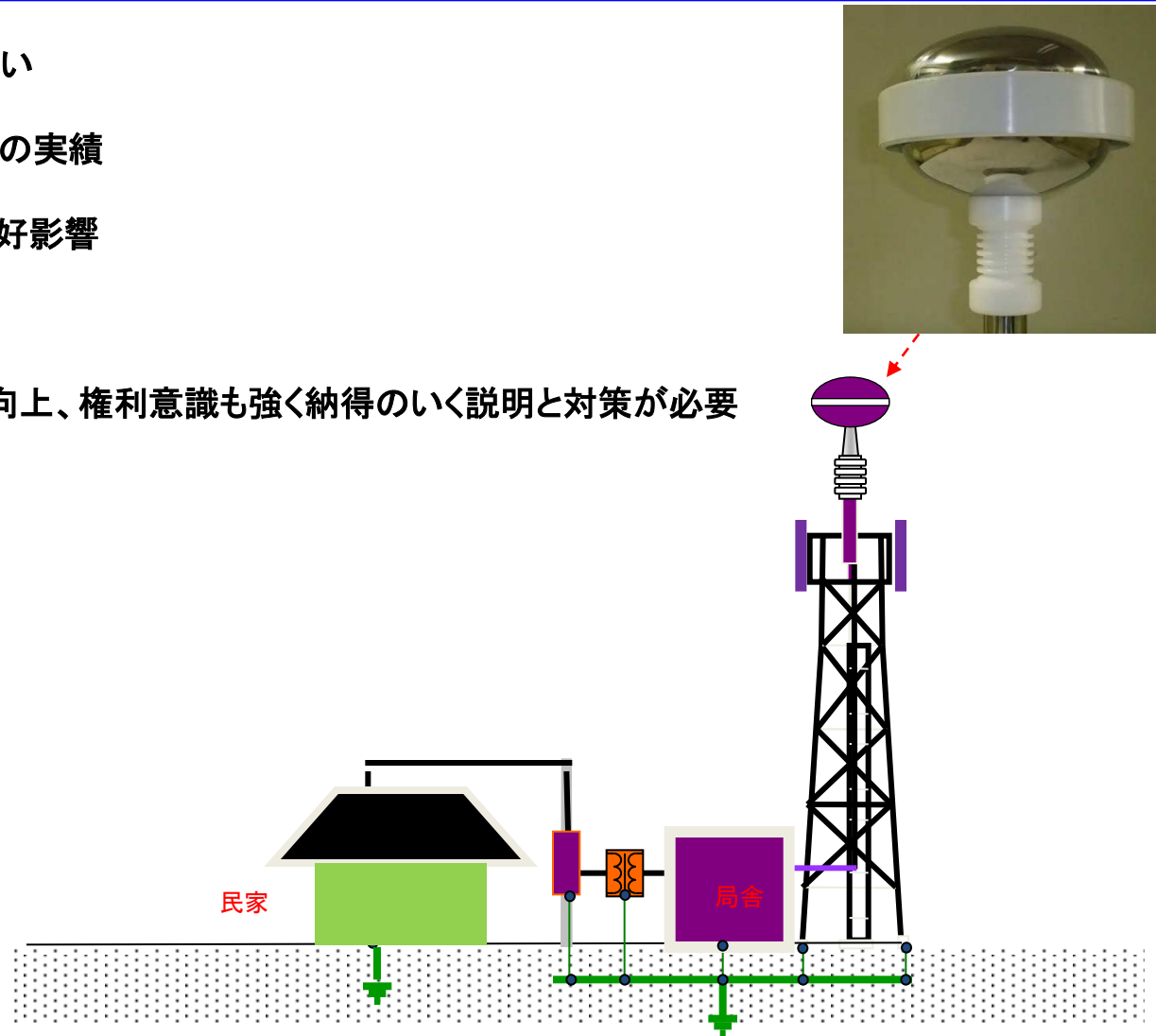
落雷させなければ地電位上昇も無い

日本海沿岸でも冬季雷対策に7年の実績

周辺の実害も減少、設備機器にも好影響

新規設備での住民対策に有効

住民対策： 住民の知識レベルの向上、権利意識も強く納得のいく説明と対策が必要



9. 結論

某携帯電話会社の北陸地方での解決策

従来型避雷針では解決にならない

- | | |
|---------------|----------------|
| ① 絶縁深層埋設接地工事 | 概算 750万円 |
| ② PDCE設置工事 | 概算 350万円 |
| ③ 近隣住民宅雷害保安工事 | 概算 10万～50万円/軒 |
| ④ ③の共通アース化 | 概算 50万～250万円/軒 |

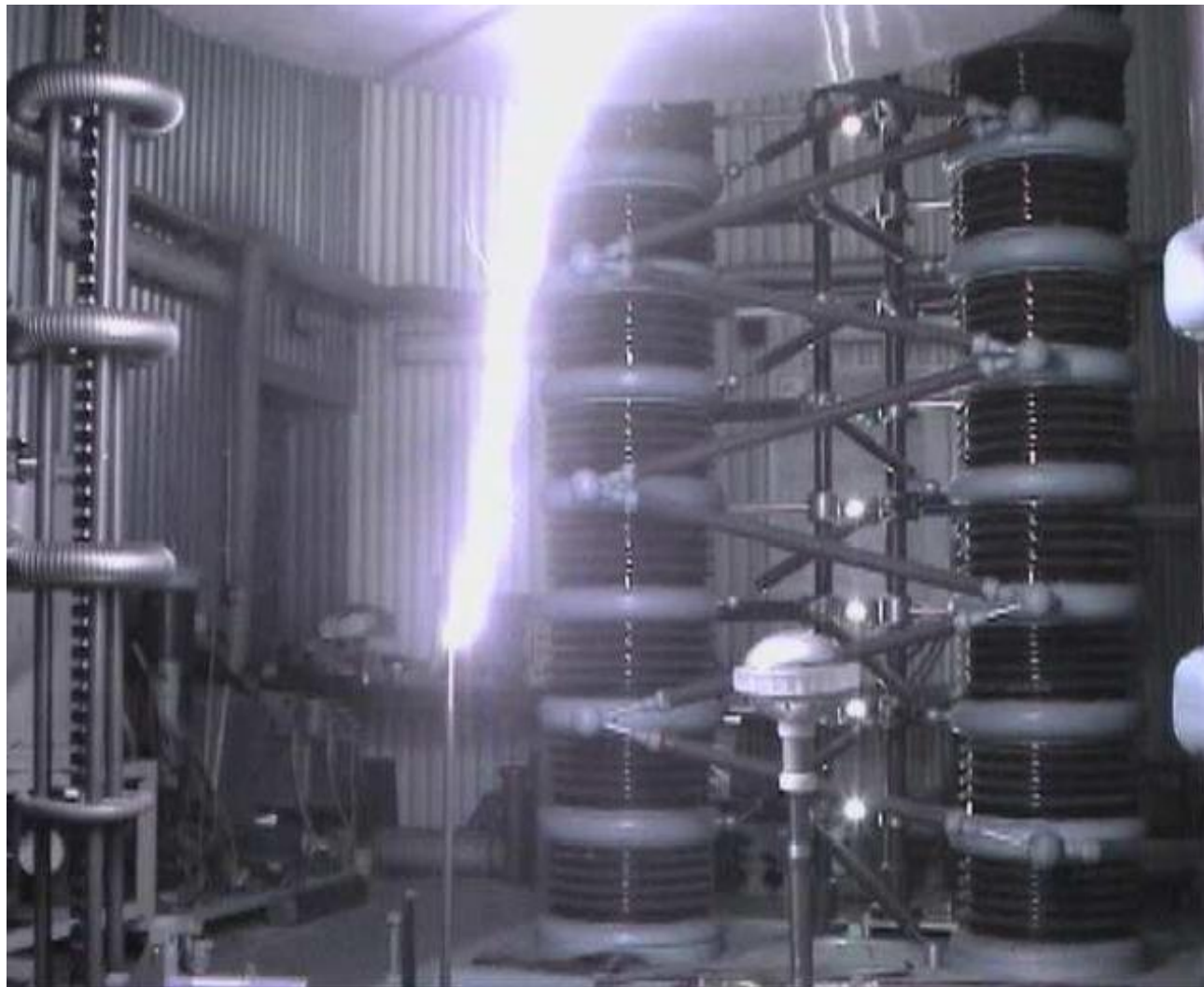
(①, ①+②, ①+③, ①+②+③)

②のPDCEの効果が実証できたため、他の雷害対策が不要となり、**大幅なコスト削減となる。**

有効性は、長期に渡り検証する必要があるが、②をベースにすることにより、**問題解決を早める。**

10. 放電実験による 点と面

放電開始電圧の違い



面一点の放電開始電圧は、
面一面の放電開始電圧よ
りの低い

通常の避雷針で放電する
電圧でなら、PDCE避雷
針は放電しない

11. 実際の現場での効果

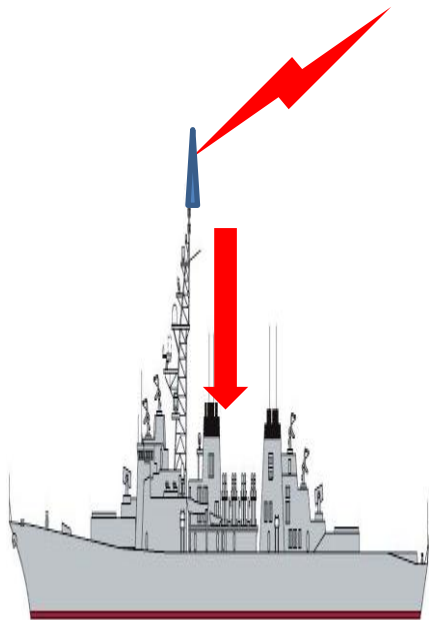
夏季雷 小松市 海上 2009年度



後篇 船舶での落雷対策

10. 船舶の特殊性

地上施設でも、保護したいものより高い鉄塔を建てるしかない



高いマストがある

マストのような構造物への対策は困難



マストより高いものは建てられない



避雷用の鉄塔

アリアン・ロケット 発射基地

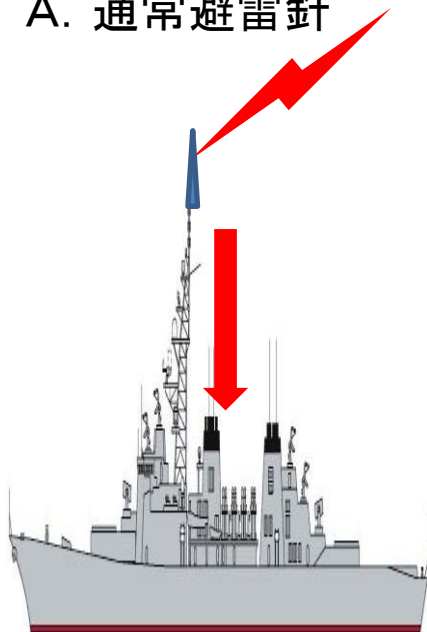


避雷用の鉄塔

バイコヌール ソユーズ・ロケット発射基地

1.1. 通常避雷針とPDCE避雷針の比較

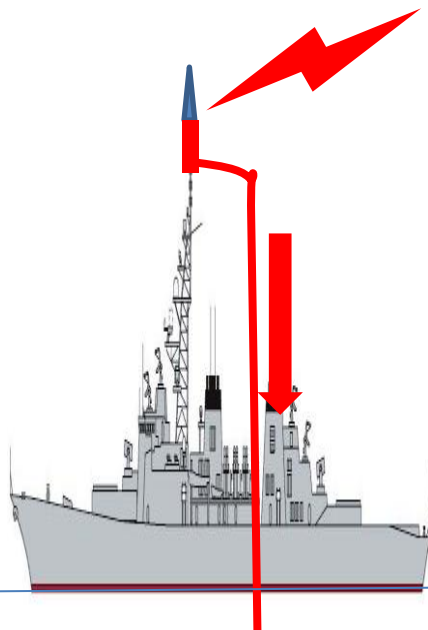
A. 通常避雷針



艦内への影響 あり

艦自体が引下げ導線を兼ねる
電磁誘導による影響あり

B. 通常避雷針＋絶縁処理



艦内への影響 A案よりは少ない

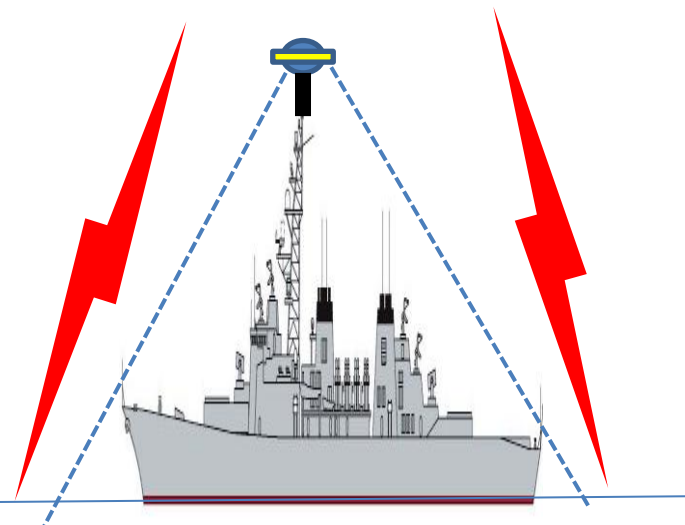
引下げ導線を別回路にする

絶縁碍子の上に避雷針を乗せ、
高耐圧ケーブルで接地

携帯基地局で使用実績

難点 絶縁ケーブルの経路

C. PDCE避雷針



艦内への影響 最も少ない

船体自体には落雷しない

携帯基地局で使用実績
「ちきゅう」での使用実績

12. 引下げ導線

艦船の内部に設置できるか？

引下げ導線には、落雷すると数万アンペアの電流が流れるので、

- ① 最短の距離で接地する
- ② 磁性金属管内には入れない 電磁誘導の影響を
- ③ 機械的保護には、塩ビ管や非磁性金属管を用いる

自衛艦の中に絶縁ケーブルに引く場合でも

- ① マストの直下から船体を貫く最短距離で敷設
- ② 艦内に強力な電磁誘導の発生源を引くか？
- ③ 艦内に入れなければ、甲板から舷側に垂らす カッコ悪い

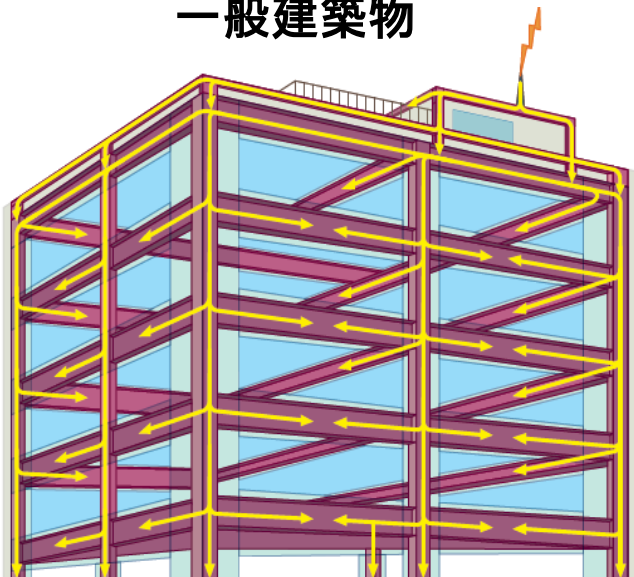


絶縁があっても電磁誘導の影響は残る

屋外用の絶縁ケーブルを艦内に引き入れる 抵抗感

13. 艦船と建築物の構造上の相違点 (1)

一般建築物



柱構造を雷電流が流れるので
電磁界の強度をシュミレーション可能

電磁界強度の低い場所にサーバを設置

艦船



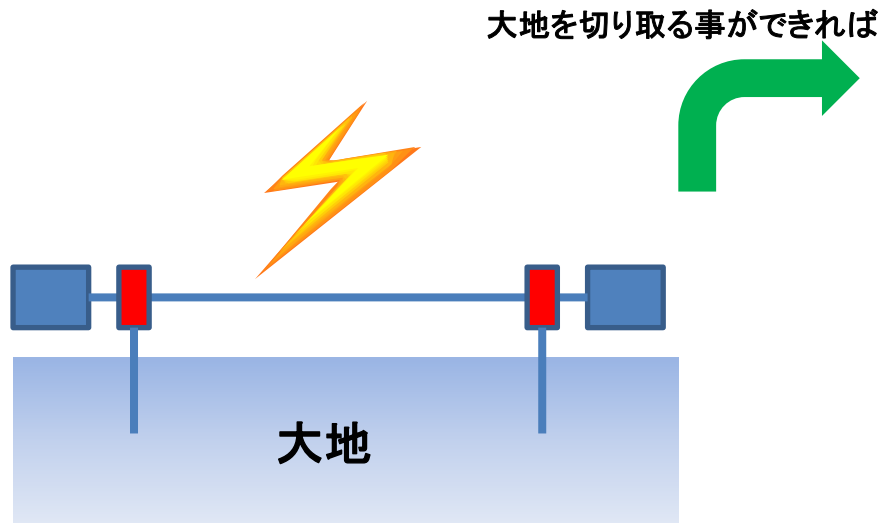
船体は3次元の金属製のブロックの組合せ
⇒ 電流の流れは複雑

金属の塊と見れば、主として表側を流れる
内部への影響は少ないのでは？

PDCE避雷針でのアース線の目的
船体電荷をPDCEに集める > 雷電流を流す目的

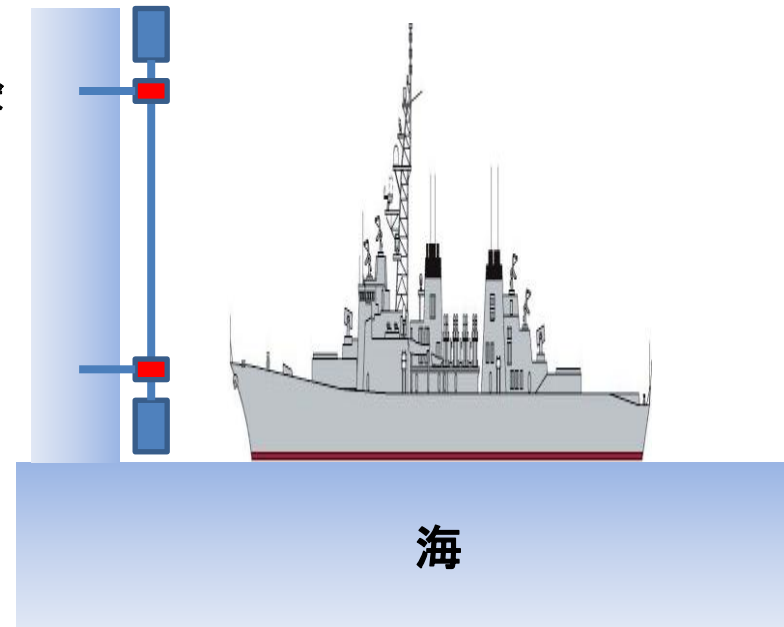
13. 艦船と建築物の構造上の相違点 (2)

地上構造物



どんなにケーブルが長くても両端の機器の前に保安器を設置する事でケーブルへの落雷があっても、機器の保護はある程度可能

艦船



マストと同じ高さで、マストとは絶縁された低インピーダンスの接地系があれば一番良い

現実問題:

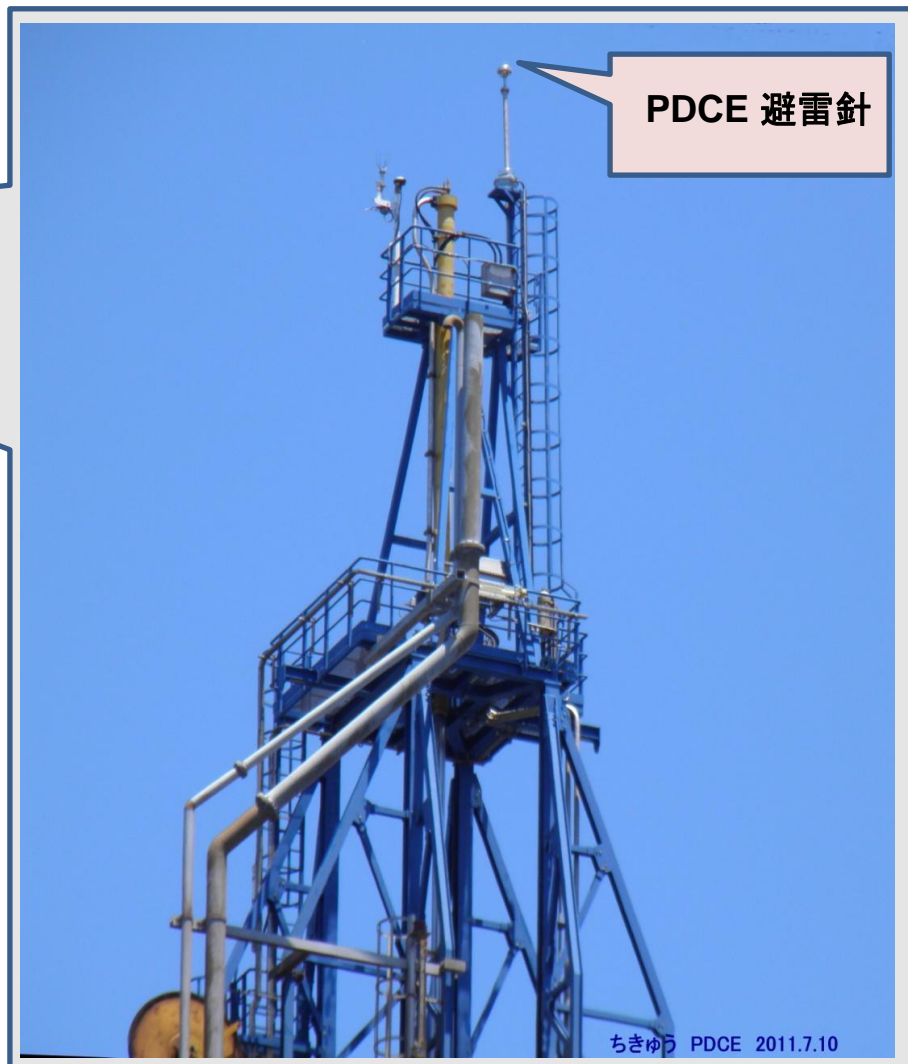
- ① マストより低インピーダンスにできるか？
- ② マストから完全に絶縁できるか？
- ③ 落雷にマストか接地線かを選択させることは不可能
- ④ 金属製構造物は、引下げ導線と同じ

⇒ マストに代わる接地系は困難

14. 船舶での使用例

地球深部探査船「ちきゅう」 海面から120mの櫓

船内には多数の科学機器が搭載されている



2011/07 から
2012/02 まで スリランカ沖合調査



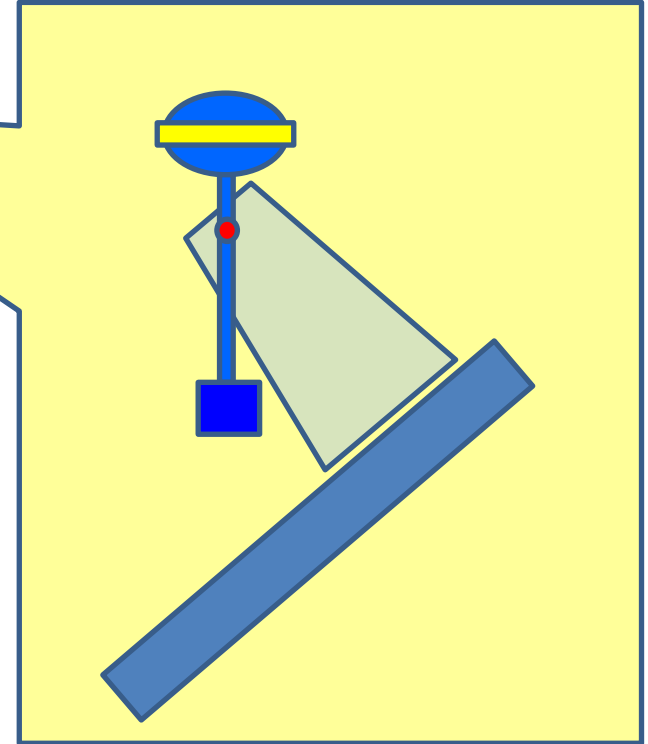
「本船付近への海面への落雷は多数認めるも本船への落雷は無し」

15. 使用例(未着工)

海上での高所構造物



フローティング・クレーン



クレーンのブームの角度に関わらず、常に天頂を向くPDCE

16.石油掘削リグ



メキシコ湾で石油掘削リグの
落雷抑制に使用中

17. 波力発電装置



波力発電装置への落雷防止

福島県広野沖での経産省の
洋上風力発電の風況調査タ
ワーでも使用されます。

結論

1. 海上では落とす対策では効果が無い
 1. マストに落雷するのは仕方なし
 2. 誘導した後の雷電流の処理が困難
 3. 避雷針に誘導できるとは限らない
 4. 鉄鋼船では船の深部には雷電流は侵入し難い
2. アンテナ類への落雷被害を最小にするには
 1. アンテナ類は絶縁してマストに取付ける
 2. ケーブル類はマストから遠ざけた架空配線で引き込む
 3. マストの頂点に大事なアンテナは取付けない
3. PDCE避雷針は、洋上での実績多々あり
4. FRP/木造船には、避雷針は必須
 1. 引下げ導線は船体外側で左右両舷側へ2本を落とす