

船舶での落雷対策

2025年 6月2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

1. 会社案内
2. 人が制御できる事できない事
3. 船舶と落雷の歴史
4. 伝統的な制御
5. 今後の傾向
6. 実際に発生した海上での落雷事故
7. 船舶の特殊性 マスト
8. 地上の建築物と船舶との相違点 (1)
9. 地上の建築物と船舶との相違点 (2)
10. 通常避雷針とPDCEの相違点
11. 避雷針の歴史
12. 今までの避雷針との比較
13. どうして球形なのか
14. PDCEの保護範囲
15. 船舶用三脚

資料

1. 船舶への避雷針取付 NK様 の確認
2. ABS殿、ロイズ船級協会殿での確認
3. 船舶での使用例 「ちきゅう」
4. 雷雨の中の「ちきゅう」
5. 内航オイルタンカー (1)
6. 内航オイルタンカー (2)
7. 内航オイルタンカー (3)
8. 内航オイルタンカー (4)
9. DD115 護衛艦「あきづき」
10. フィリピン沿岸警備隊 巡視船
11. 自立航行型 クレーン船

人間がかかわることが不可能なので、防ぐことはできない

地震(津波) 台風 **雷** 集中豪雨 竜巻

落雷

空中での放電が80%

地面への放電が20%

地面との相関関係で成立するので、地面の側で **回避可能**

木造帆船



落雷による電流でインピーダンスの高い木製の船体やマストには高電圧が発生

1799 -1815 の間に150 隻に落雷被害

10 隻に甚大な被害

18 隻に1隻は出火

70 名の水夫が死亡

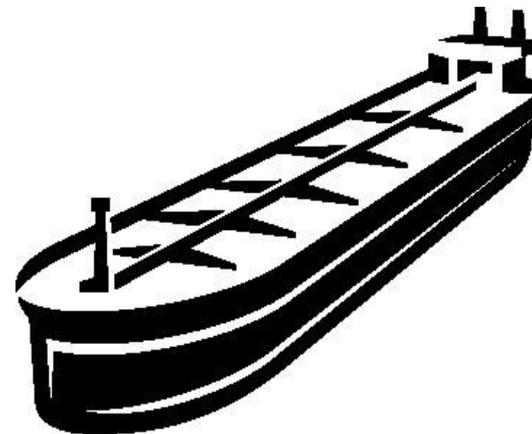
大英帝国海軍ハリス提督による記録

防水にピッチを使用していたため、極めて燃えやすかった

空気の電界破壊の強度 35.5kV/cm

材木の抵抗が破壊される電圧 8kV/cm

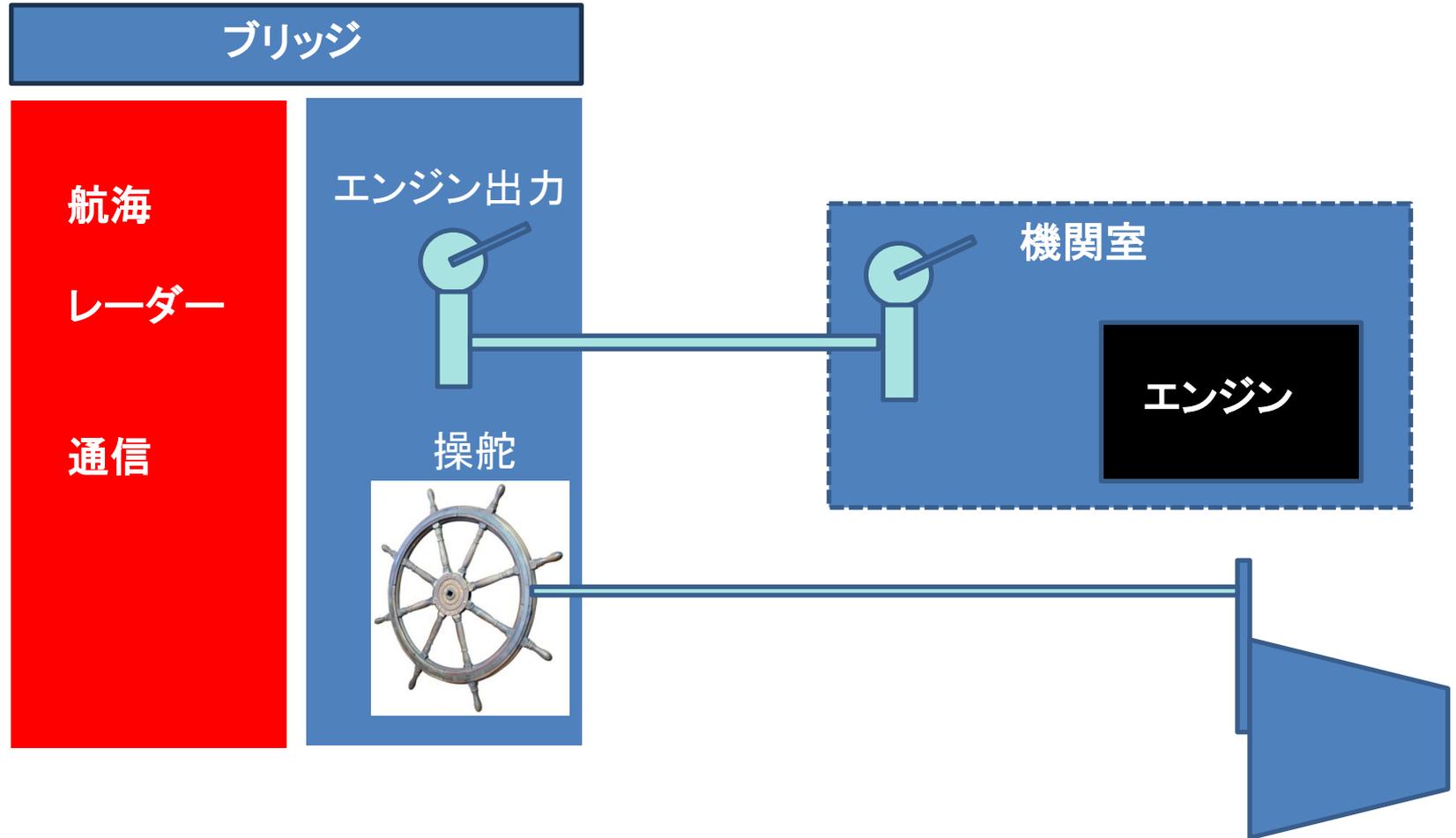
鋼船



鋼船の船体はインピーダンスが低く電気は流れやすいので甚大な事故は生じ難い

レーダー・売阿無線などの電気設備以外はエンジン出力や操舵も機械的なリンクで制御され、電気的な影響は受け難かった

船舶のネットワーク化により電気的な影響も避けられなくなる



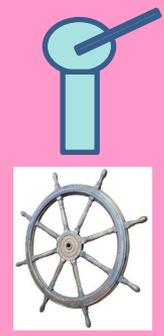
機械的なリンクであれば落雷による電氣的な影響は受けない

ブリッジ

船内放送/航海灯/GPS/VDR公開情報記録/船内水晶時計/ITVカメラ/レーダー/トランスポンダー/電子海図/ジャイロコンパス

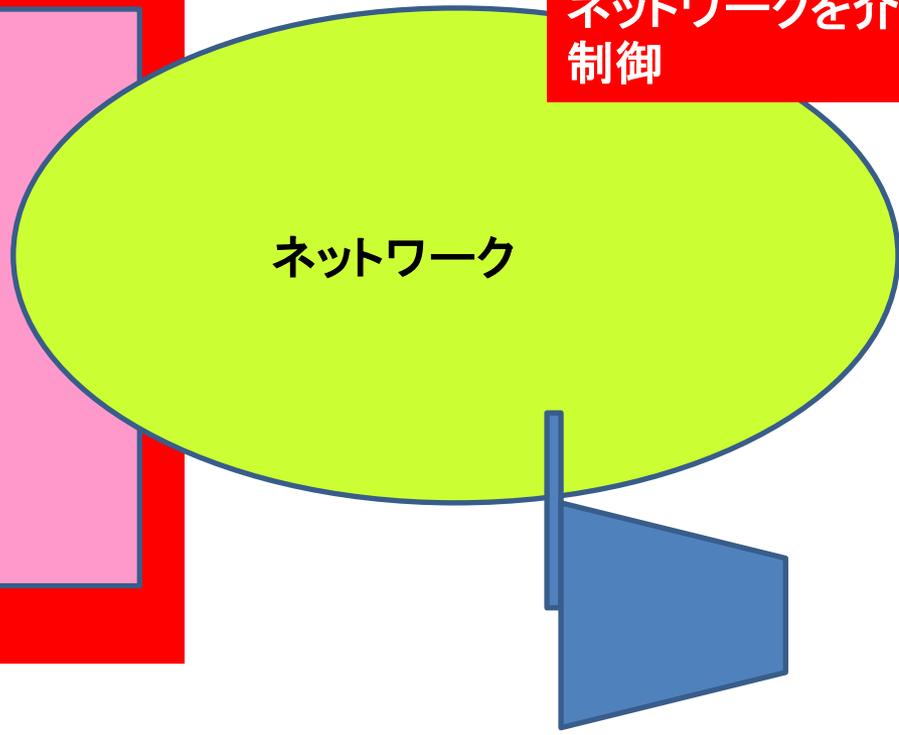
統合化されたコンソール

- 機関監視装置
- 電子海図表示装置
- VHF/遭難信号発信
- レーダー
- VHFコンソール
- 海図コンソール



機関室

ネットワークを介しての
制御



コンテナ船

落雷でレーダー2基とジャイロ・コンパスが損傷し、使用不能

夜間航行ができなくなり、到着スケジュールが大幅に遅延

機器の修理費用は保険でカバーできるが、荷主の損失は重大

海自 護衛艦

TACANアンテナに落雷
TACAN (TACTical Air Navigation)
一種の電波灯台

ヘリコプターが帰艦する目標が消滅

幸にも飛行中でなかったため、ヘリは無事であった

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

アリアン・ロケット
発射基地

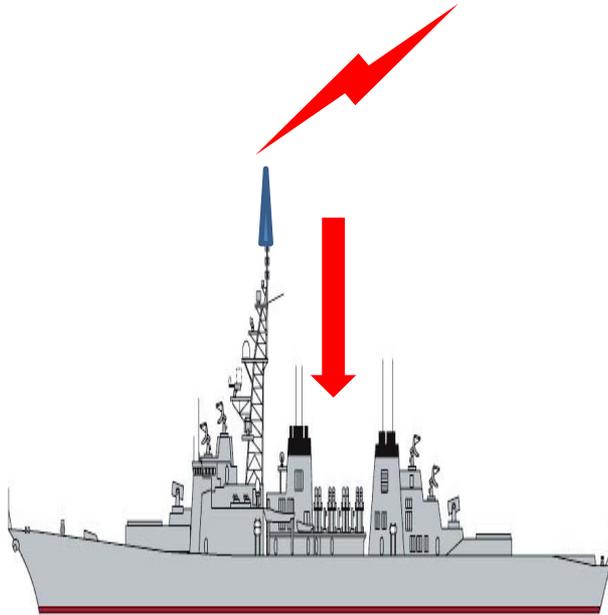


避雷用の鉄塔

バイコヌール
ソユーズ・ロケット
発射基地



避雷用の鉄塔



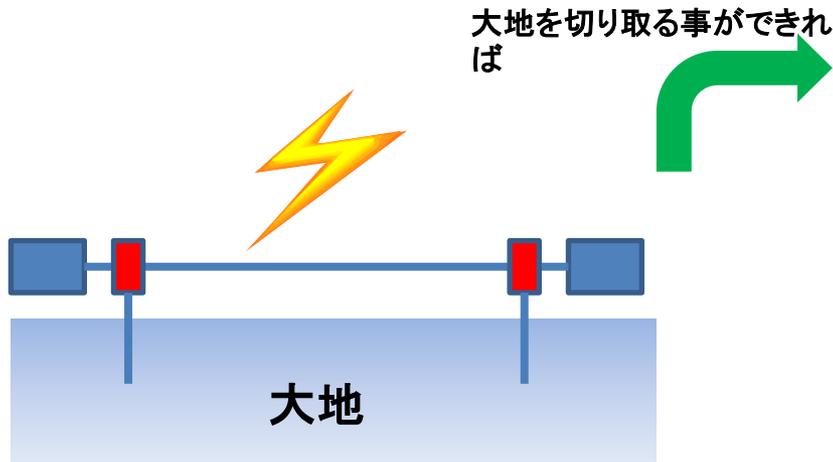
艦船には高いマストがある

甲板にマストより高いものは建てられない



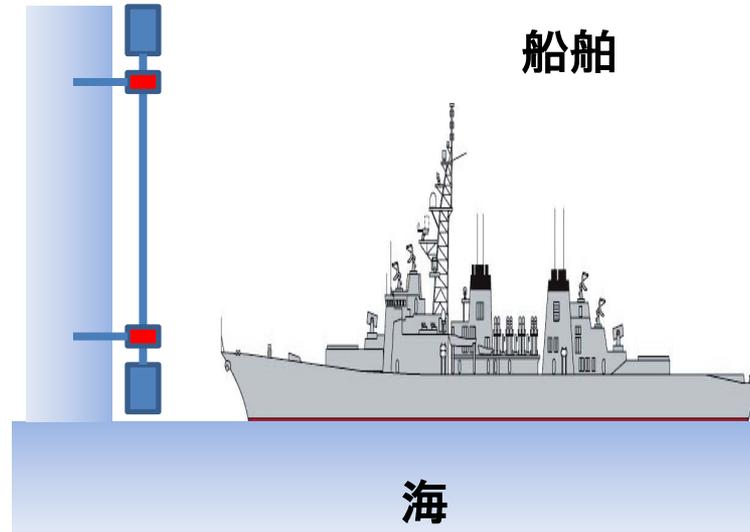
マストへの落雷対策は困難

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

船舶

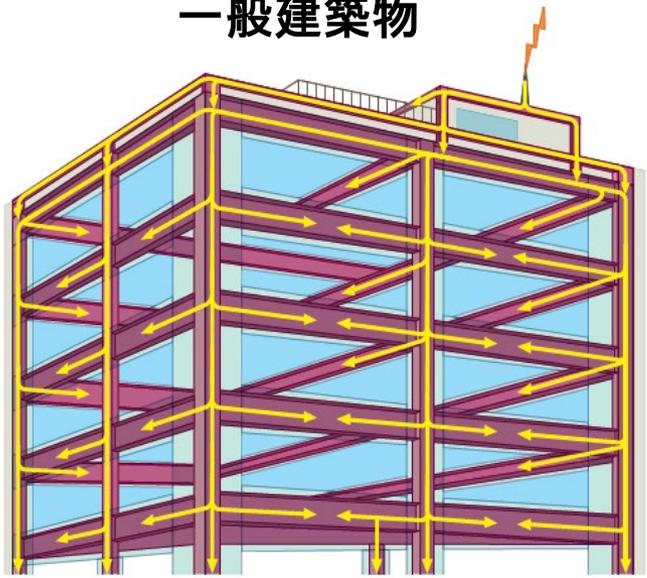


マストと同じ高さで、マストとは絶縁された低インピーダンスの接地系があれば一番良い

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、引下げ導線に同じ
⇒ マストに代わる接地系は困難

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

電流が流れるのが柱【線】であるから可能

電磁界強度の低い場所にサーバを設置

艦船

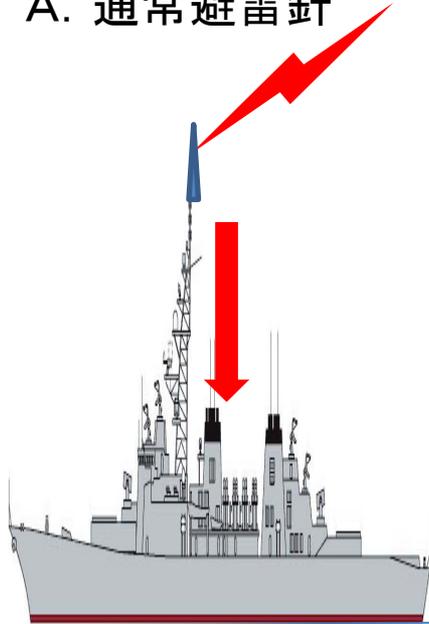


船体は3次元の面で構成される金属製ブロックの組合せ

電流の流れるのが 面 であるので複雑

金属の塊と見れば、主として表側を流れ内部への影響
は少ない 燃料タンク/弾薬庫には及ばない

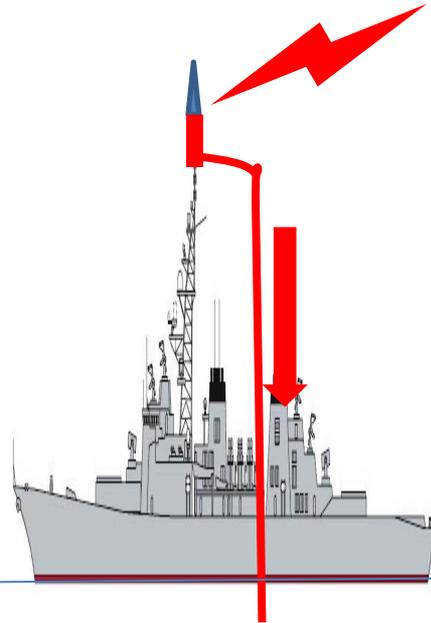
A. 通常避雷針



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



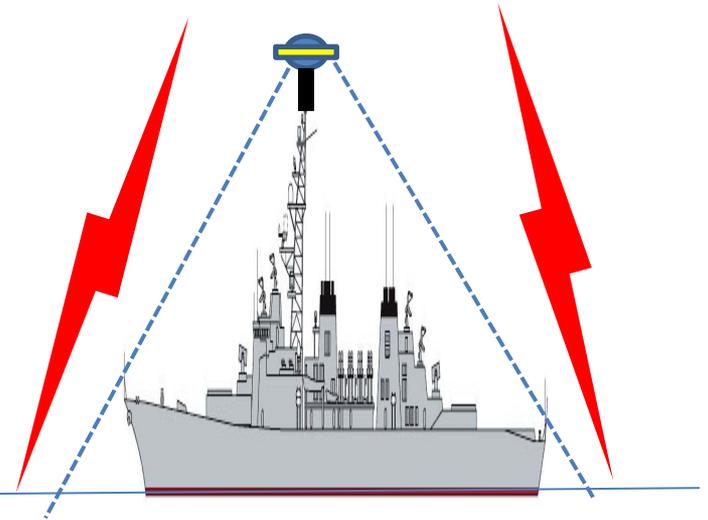
艦内への影響 A案よりは少ない

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

オイルランプの時代



電球の時代



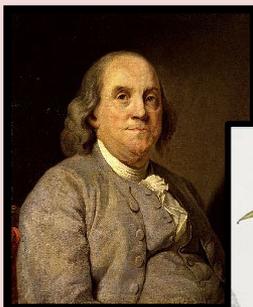
LED/電力依存の時代

1752 ←.....《126年》.....→ 1853

1878 ←.....《147年》.....→ 2025

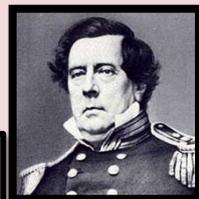
避雷針の発明

ベンジャミン・フランクリン
(100ドル札の肖像)



黒船来航

鯨油を取るために
開港要求



ヨーロッパでは
ファッションとして
避雷針が流行

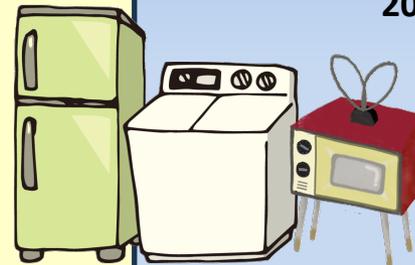
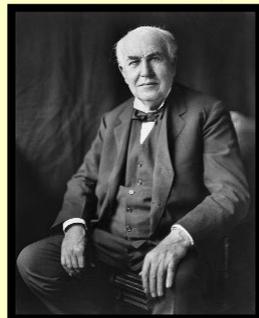
“雷は神の御業”という価値観の時代。
雷を避雷針に積極的に落とし、

建物を火災から守る事が目的。

当時日本は九代将軍
徳川家重の天下
(暴れん坊将軍 吉宗の次)



エジソン 電気照明会社 設立 トーマス・エジソン



戦後 三種の神器

1908年
T型フォード

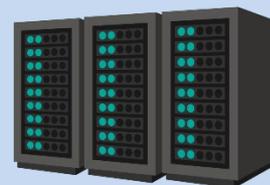


1903年 ライト兄弟初飛行

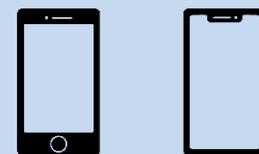


2027年で蛍光灯製造終了

セキュリティ



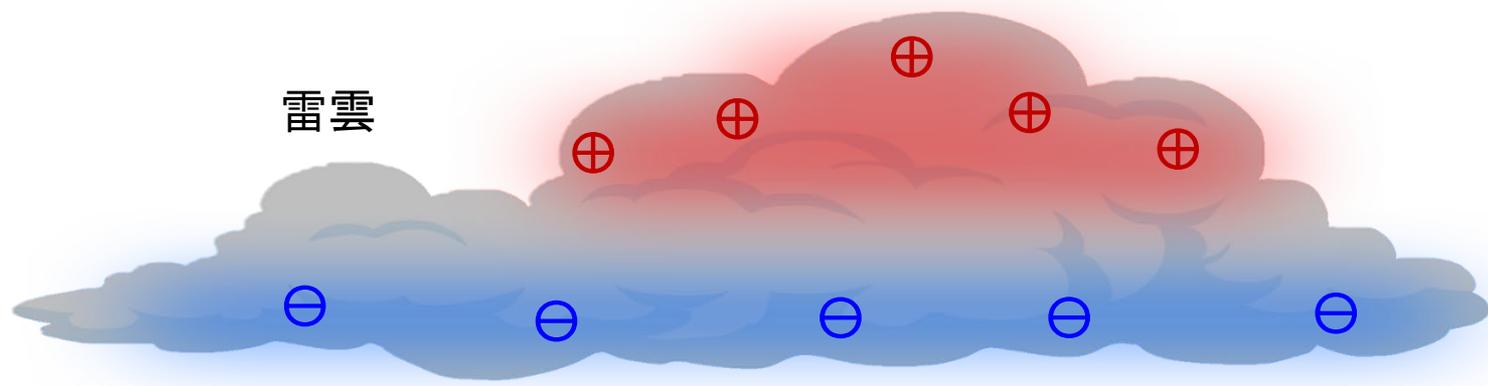
大規模サーバー



PC/スマホ/AI

避雷針が発明されてから約270年
生活様式は様変わりし、
電気に依存した社会に

建物を守る目的の避雷針で十分？



先行放電
⊖

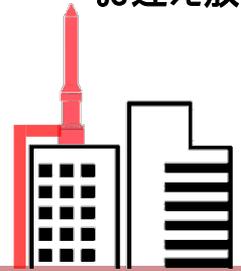
Step3
落雷

⊕

Step2
お迎え放電

赤塗: +電荷
青塗: -電荷

Step1
+に帯電



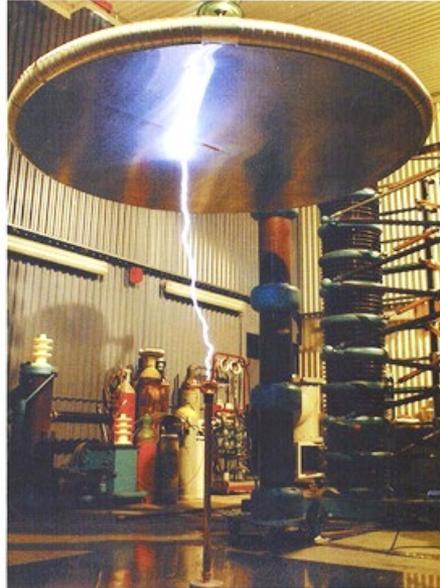
PDCE避雷球



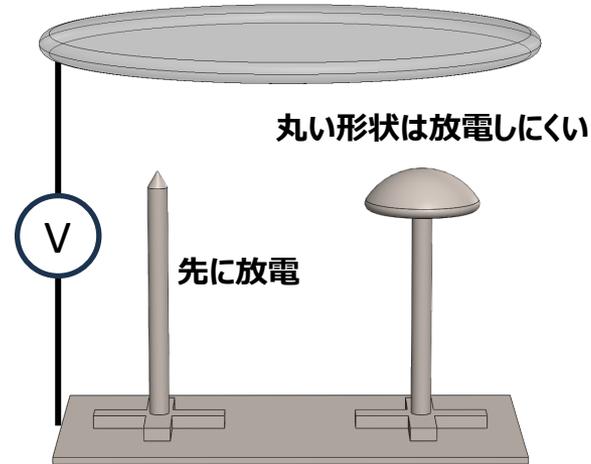
お迎え放電を抑制



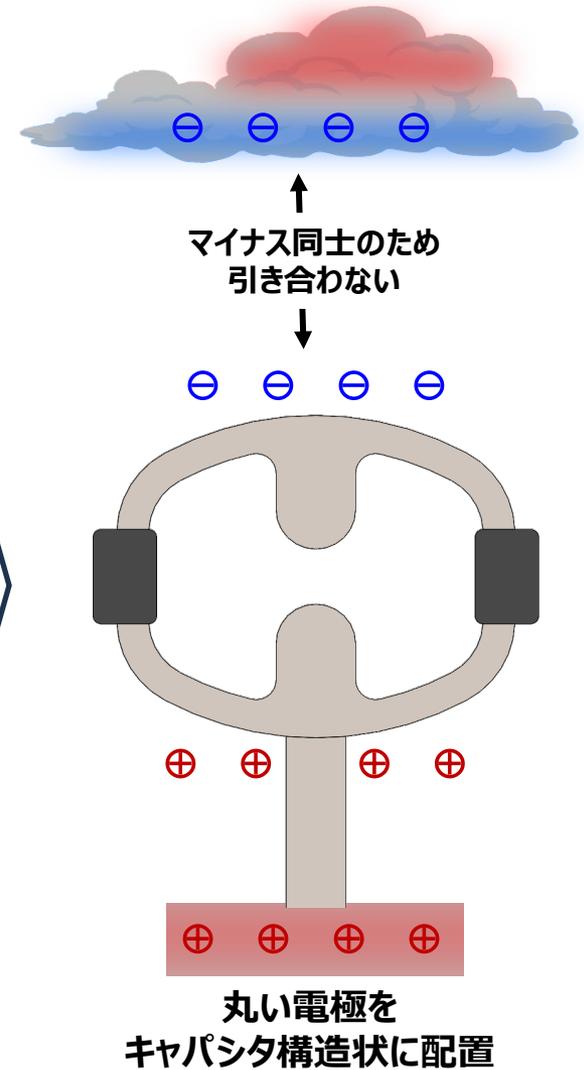
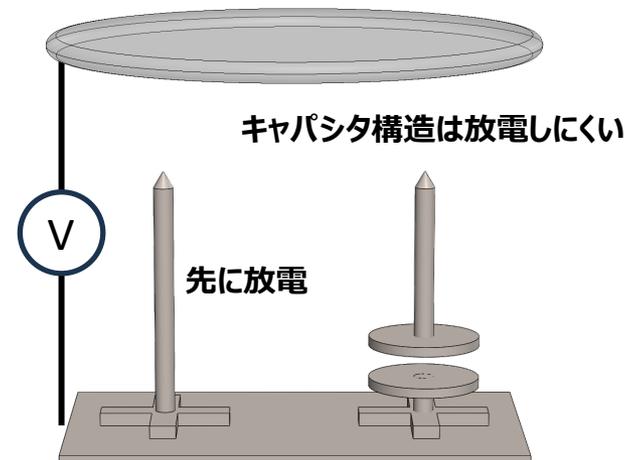
《放電試験》

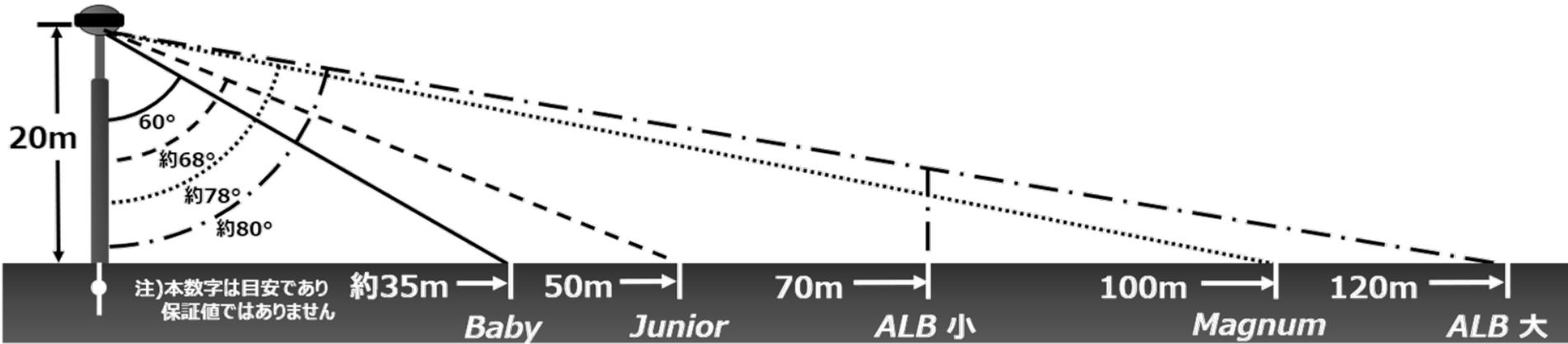


【1.電極の形状】

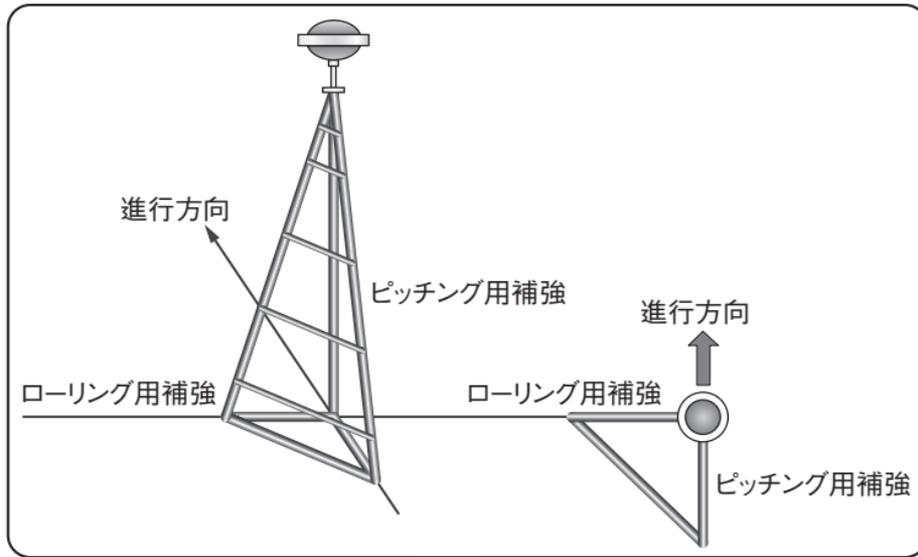


【2.キャパシタ構造】

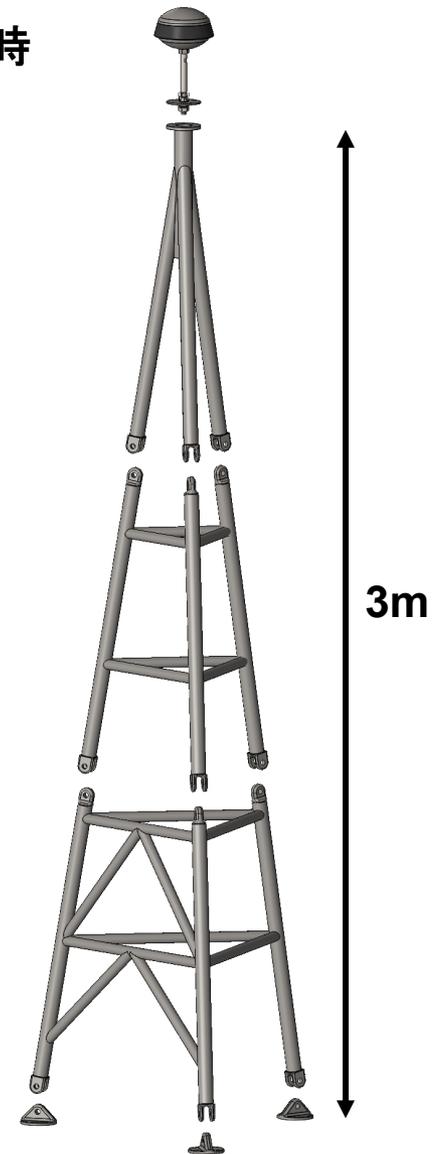




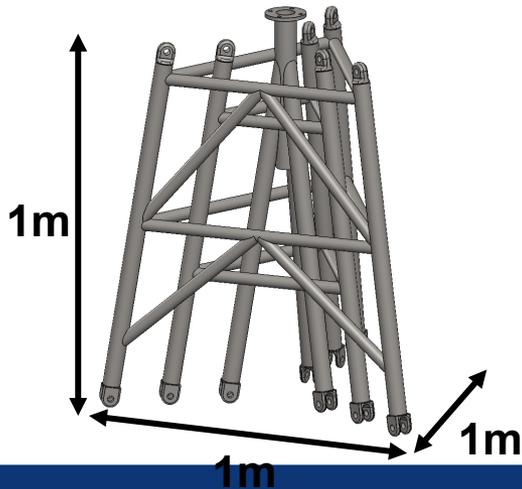
船舶では、甲板面からの高さ



組立時



梱包時



大きさは、ご指定を受けて日本で設計し、製造します。

また、世界中の造船所へ 配送まで行います。

配送費用は実費+手数料

資料

船舶への避雷針の取付について



株式会社 落雷抑制システムズ

Lightning Suppression Systems

日本海事協会殿での確認

1. SOLASにも避雷針に関する規定はない。規定がないので、届け出の必要もなし
2. 木造のマストまたはトップマストを備えた場合には必要
3. 避雷針はオプションであるので、避雷針を取り付けた場合、NKでの承認は不要
4. 鋼船であれば、船体を構造体アースとして使用することは問題なし
5. インマルサットアンテナに死角を発生していないかどうか、全方向の受信強度をSimulationした「Blind Sector図」をインマルサット担当の無線検査事業者殿に作成、NKに提出頂き最終的な判断。
6. インマルサットCのアンテナ位置については、性能基準 IMO A.807(19)との中で規定される
7. 前後方向-5° より上方、左右方向-15° より上方の範囲に、アンテナから1m以内に2° 以上の死角が発生しないような場所にアンテナを設置する事が、可能な限りという条件付きで規定
8. 垂直方向についてはインマルサットCのアンテナが一番上でなければならないという規定はない



結論 7. で規定された範囲外であれば、船体を接地構造体とした避雷針を鋼船の一番高い位置への取付は問題ない

鋼船への避雷針の取付について

ABS殿での確認 (American Bureau of Shipping アメリカ船級協会)

弊会の要求項目には、特別な避雷針についての要求はございません。

また、アンテナ配置に付きましても、弊会の承認対象項目ではない関係上、船主殿と造船所殿とのお打合せにより決定されるものと思われまます。

ABS
Yokohama Engineering Services
Pacific Division

ロイド船級協会殿での確認

ご理解の通りnon-metallic masts or topmastsを備えた場合は規定がありますが、これ以外は規定は無く承認は要求しておりません。(LR ship Rule Part 6, Chapter 2, Section 1.18 and 20をご参照願います。)

また、インマルサット等のBlind sectorについて、造船所殿のアンテナ配置図にて確認する事となりますがblind sectorに特化した承認は行っておりません。(問合せベースのみ)

Electrotechnical Systems Group
Yokohama Technical Support Office
Lloyd's Register Group Limited

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



2010年から使用しているが大きな事故はなし



雷雨の中の「ちきゅう」 ちきゅうのデリックを避けて落雷



提供：JAMSTEC

内航オイルタンカー(1)



内航オイルタンカー(2)



内航オイルタンカー(3)



内航オイルタンカー(4)



DD115 あきづき に装備された P D C E





自立航行型クレーン船

