

増加する雷被害の種類と対策について

校庭(野球場)での落雷対策

電設工業展【JECA FAIR 2015】 セミナー資料

2015年5月29日

株式会社 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

上昇しながら
大きくなり、
落ちてくる

冷えて
氷の粒になる

湿った空気が
暖められて
上昇



一般的な雷の仕組み

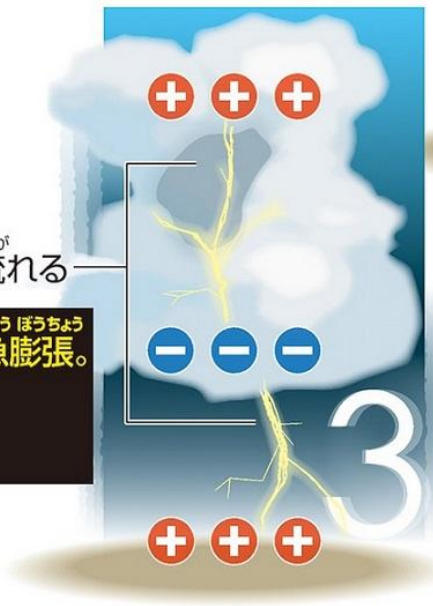
ぶつかると
小さな
氷の粒は+、
大きな
氷の粒は-
の性質を
帯びる



地表付近に
+がたまる

一気に電気が流れる

高温で空気が急膨張。
空気が震えて
音になる



グラフィック・米沢 章憲

朝日新聞 から引用

1) 1キロモル当たりの平均分子量の重さ比較

空気 (窒素 75% 酸素25%)

$$28 \times 0.75 + 32 \times 0.25 = 29$$

水蒸気の重さ

$$1 \times 2 + 16 = 18$$

2) 氷結温度 -10°C

3) 氷結の高度 7000m 以上

真夏の富士山頂 気温1桁
気温の低減率 $6^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$
富士山頂から3000m以上でない
と -10°C にならない \Rightarrow 高度は?
 $3660 + 3000 \Rightarrow$ およそ7000m以上

冬季にはシベリアからの -40°C の寒気団
1000m以下でも -10°C

4) 雲放電 80%
対地放電 20%

5) 放電の距離と電流の強さ 【諸説あり】

100KA 100m 程度

空気中のエアロゾルの分布状態による
ギザギザの進路 \Rightarrow ステップト・リーダ

落雷、気候変動で2100年までに50%増も 米研究

【AFP＝時事】

森林火災や死亡事故の原因となり得る落雷の発生件数は、気候変動が原因で今世紀末までに50%ほど増加する可能性があるとの研究論文が、米科学誌サイエンス(Science)に掲載された。

米カリフォルニア大学バークレー校(University of California, Berkeley)などの研究チームが発表したこの論文は、地球温暖化が2100年までにどのように進行するかを予測する11種類の異なる気候モデルに、降水量と雲の浮力の測定値を適用した結果に基づいたものとなっている。

同大学の気象学者、デービッド・ロンプス(David Romps)氏は、温暖化が進むにつれ、雷雨の規模はますます爆発的になると述べる。「温暖化が原因で、大気中に含まれる水蒸気の量は増加する。『燃料』が増えるほど、点火した時に爆発の規模が大きくなる可能性があるのと同じだ」雷が受ける影響についてのこれまでの推算では、降水量との密接な関連性がない間接的な手法が用いられていた。そこから導き出された結果は、**温暖化で気温が1度上昇するごとに、雷の発生数が5～100%の範囲で増加する**というものだった。

一方、今回の最新研究では、大気中の空気を上昇させるエネルギーと降水率とを合わせて考慮する手法に基づいている。研究チームは、無線機付き気象観測機器(ラジオゾンデ)を搭載した気球を米国各地で上げ、対流有効位置エネルギー(Convective available potential energy、CAPE)を1日に2回測定した。ロンプス氏は「CAPEは、大気にどの程度の『爆発性』があるかの尺度になる」と説明し、「今回の研究で、降水量とCAPEを組み合わせて用いることで雷を予測できるとの仮説を立てた」と続けた。

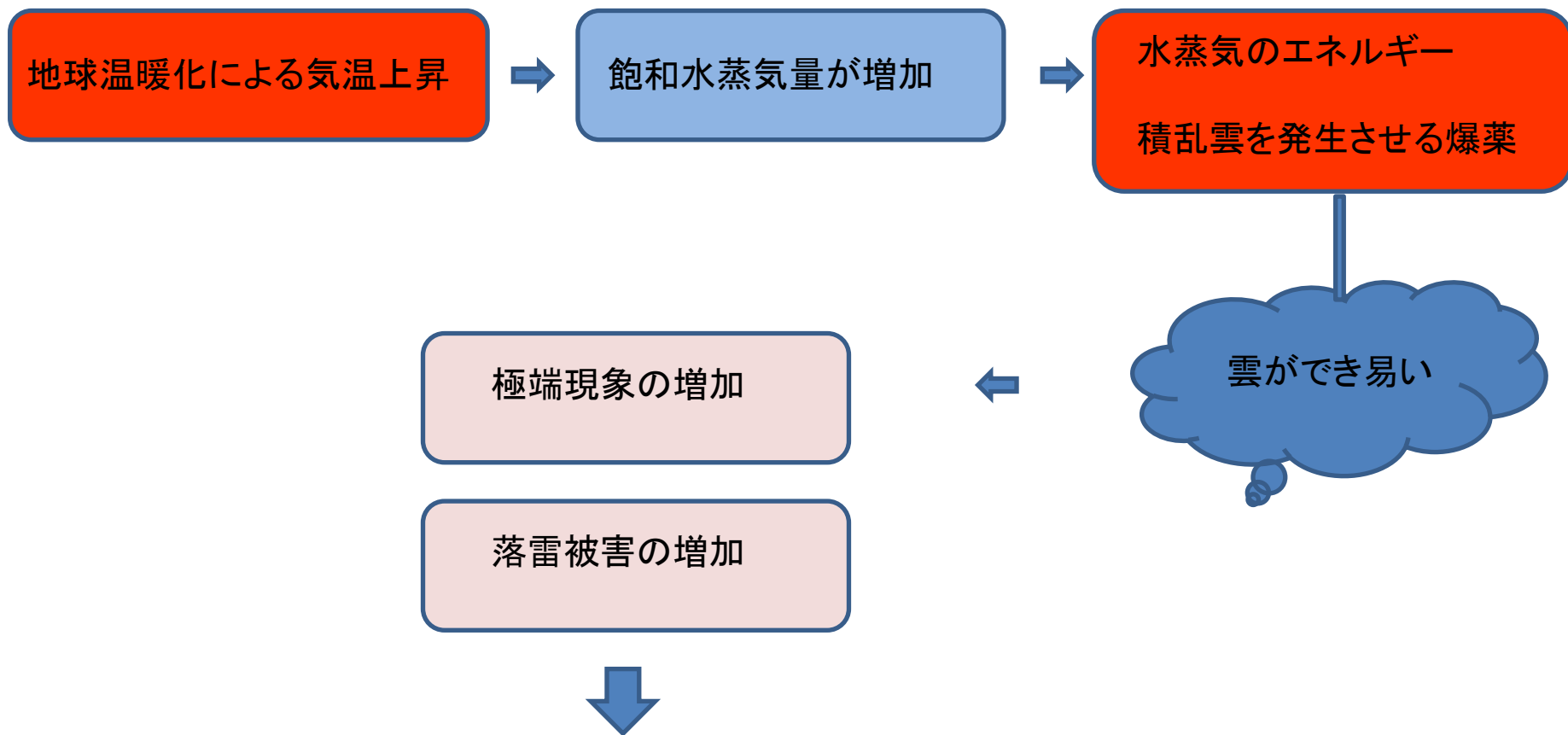
米国立測候所(National Weather Service、NWS)の観測データを用いて試算した結果、降水量とCAPEを知ることで、約77%の落雷の変動を予測できることを研究チームは明らかにした。「落雷の予測を行う上でこの手法がいかに信じられないほど有効に機能するかに、われわれは非常に驚いた」とロンプス氏は話した。

■落雷の増加

降水量とCAPEという2つのパラメーターを複数の気候モデルに適用した結果、世界の**平均気温が1度上昇するごとに、落雷が約12%増加する**ことが分かった。気温が今世紀末までに**4度上昇すると、落雷は50%近く増加することになる**という。落雷は現在、世界で年間2500万回発生している。

落雷の発生数が増加すると、死傷者が増える可能性がある上、自然や野生動物に破壊的な影響が及ぶ恐れも生じる。落雷率の増加が原因で、乾燥した森林地帯で起きる山火事の件数が増加し、多数の鳥や他生物が全滅したり、近隣の住民が危険にさらされたりする結果を招く恐れがある。

温暖化と落雷の関係



今後の天候の変化は今までの経験則の延長には無い

0. 雷被害の種類とその対策

直撃雷【直撃】	逆流雷【地面を流れる】	誘導雷【電線を流れる】
<p>従来型避雷針では、避雷針に雷を誘導してきた。ところが</p> <ol style="list-style-type: none">1) 100% 誘導できない2) 保護領域内にも落雷する3) 誘導できてもその結果、逆流雷を生じる <p>逆流雷対策 ⇒ 深埋接地</p> <p>避雷針に誘導できれば有効だが、避雷針に誘導できない場合もあるコスト高</p> <p>人的被害に及ぶ (例:野球場での落雷事故)</p>	<p>落雷は、地表を伝わり、被害をその近傍にまで及ぼす。</p> <p>避雷針に誘導された雷電流は、大地の抵抗率が高ければ地表を水平に広がる</p> <p>接地工事がしてあっても同じ事</p> <p>落雷から発生 ↓ 落雷なければ発生なし</p> <p>人的被害に及ぶ (例:野球場での落雷事故)</p>	<p>落雷せずとも、雷雲が来ただけでも発生</p> <p>被害としては一番多い</p> <p>避雷器、保安器などで防御</p> <p>しかし、100%防げる訳ではない</p> <p>破壊されるのは器具で人的被害にはならない場合が多い</p>

校庭や野球場への落雷で影響のある部分

「晴れていたのに急にドーン」 愛知、落雷で高2死亡

試合をしていた選手の一人は落雷の瞬間の様子をこう語った。

会見した誠信高校野球部の加藤方郁部長(51)によると、試合開始10～15分後には雨粒が大きくなり、試合を中断した。5分ほどすると小雨になり、晴れ間も見えたため2回表の誠信の攻撃から再開した。

2回裏、投手の安藤翔輝さん(17)がマウンドに立った。加藤部長によると、まず「ゴロツ」とした雷の音が鳴った。その約10秒後、「ドーン」という音とともに目の前がパッと光り、マウンドで安藤さんが動かなくなっていた。

加藤部長が対戦校の部長とともにバックネット裏にあったAED(自動体外式除細動器)を使って措置をした後、安藤さんは救急車で病院に運ばれた。

■近くの柱に避雷針12本

誠信高校によると、当時、グラウンドには野球部員のほか、ハンドボールやサッカーなどの部員とその保護者計約100人がいた。

野球の試合をしていたエリアの一塁線と三塁線、さらにホームの裏には高さ25メートルの防球ネットがあり、ネットを支える12本の柱すべてに避雷針が付いている。これまで落雷による被害はないという。

加藤部長は、愛知県全域に雷注意報が出ていたのを知らなかったという。午前8時に天気予報をチェックし、午後から雨が降る可能性が高いことは知っていたが、落雷のおそれまでは気に掛けなかったという。

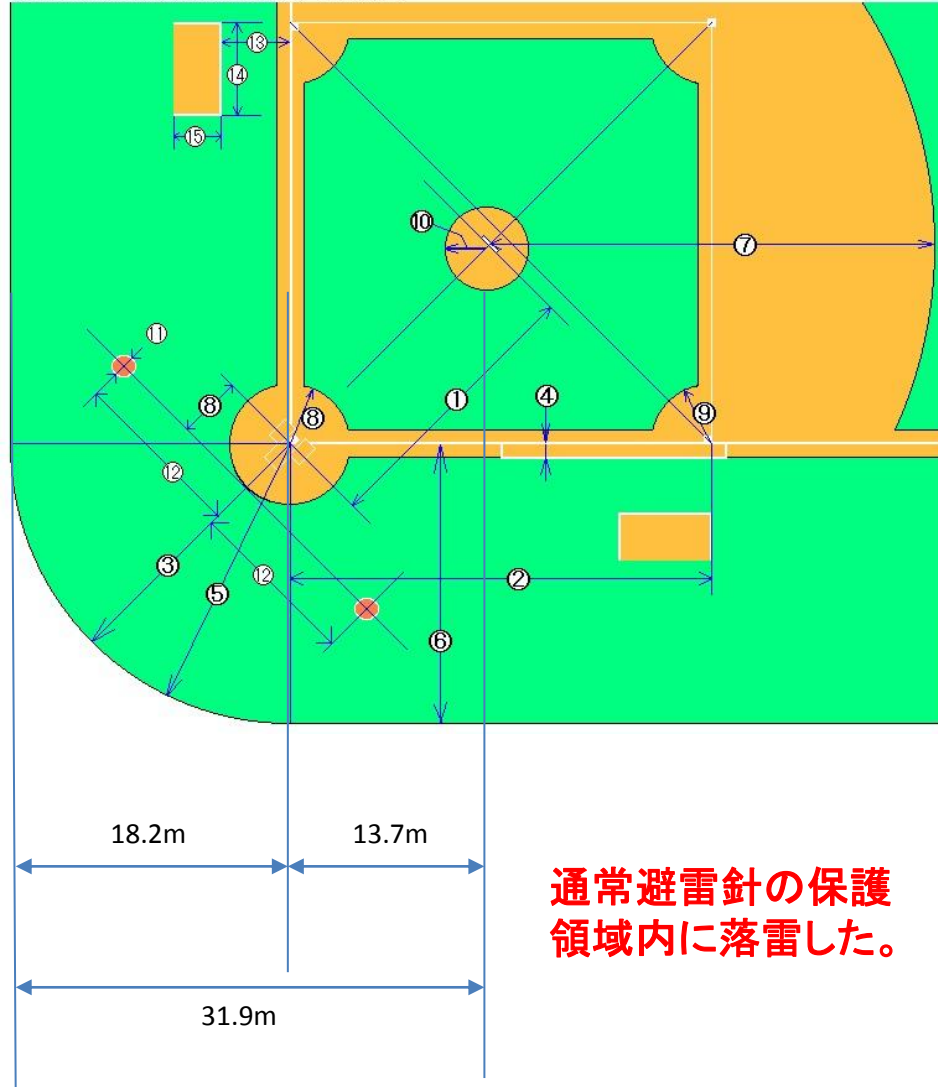
落雷事故の防止について、日本高校野球連盟は2009年4月、加盟校に通達を出している。気象台や天気情報会社から雷の情報を入手する▽雷が近づいてきたら試合を中断する—などの内容。

愛知県高野連は、練習試合でも、雷が一度でも光れば直ちに中断するように指導していた。ただ雷注意報が出ていても周囲に落雷の気配がなければ、中止や中断は求めてはいないという。県高野連の森淳二理事長は「落雷事故の防止については十分に注意を呼びかけていただけに、非常に残念でショックを受けている。被害生徒の一刻も早い回復を祈っている」と話した。

事故現場検証をした訳ではなく、野球場の規格に基づくものです

野球場の区画線規定

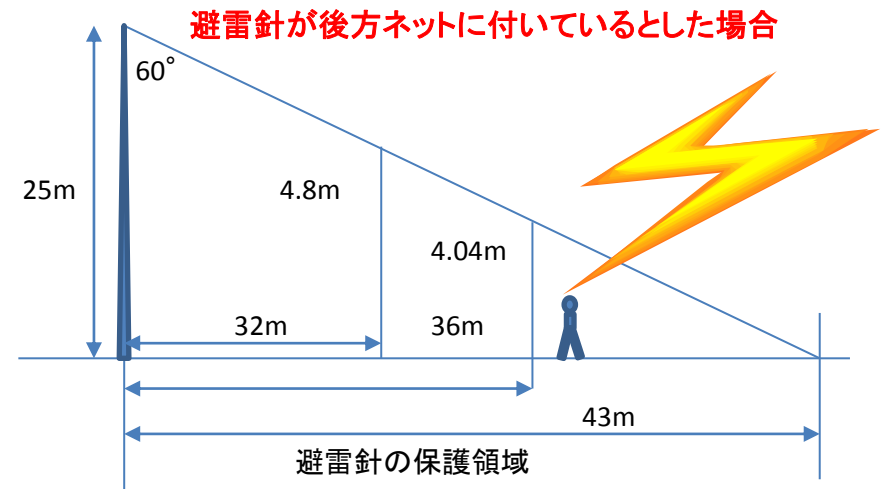
(中学生以上なら軟式も硬式も同じサイズです。)



通常避雷針の保護領域内に落雷した。

番号	距離	備考
①	60'6" (18.440m)	投手板-本塁間
②	90' (27.431m)	各塁間(全て同一)
③	60' (18.288m)	本塁から後方ネット迄
④	3' (0.914m)	3フィートライン
⑤	最低60' (18.288m)	本塁からフェンス迄
⑥	最低60' (18.288m)	内野地域 ファールライン~フェンス迄。レッドソックスの本拠地フェンウエイパークは変だぞ？
⑦	半径95' (28.955m)	内外野境界線。芝の切れ目が無い場合は線を引く。
⑧	半径26' (7.925m)	バッターサークル
⑨	半径13' (3.962m)	1,2,3塁周辺芝の切れ目
⑩	半径9' (2.743m)	マウンド周辺。ちなみに投手板表面の地上高は1988年改正で10インチ(25.4センチ)
⑪	直径5' (1.524m)	ネクストバッターサークルの直径
⑫	37' (11.277m)	ネクストバッターサークルの位置
⑬	15' (4.572m)	ファールラインからコーチボックス迄の距離。インプレー中ここから出たら反則。
⑭	20' (6.096m)	コーチボックスの幅。ここもインプレー中出たら反則でしょう。
⑮	10' (3.048m)	コーチボックスの奥行。MLBでもっと短いラインを見た事あるぞ？。

注) 1' = 0.304794m, 1" = 2.5399cm



■ 近くの柱に**避雷針**12本

誠信高校によると、当時、グラウンドには野球部員のほか、**ハンドボール**やサッカーなどの部員とその保護者計約100人がいた。

野球の試合をしていたエリアの一塁線と三塁線、さらにホームの裏には**高さ25メートルの防球ネットがあり、ネットを支える12本の柱すべてに**避雷針**が付いている。**これまで**落雷**による被害はないという。

■ 高校の野球場としては、非常に良い設備。これほどの対策をしている学校は少ない。

ピッチャーズ・マウンドは、複数の避雷針からの多重の保護域になっている。

にもかかわらず、落雷した。 ⇒ 避雷針の保護域などあまりあてにならない

2. 逆流雷による被害 横浜市内に於ける落雷事故 2014/6/24

横浜市泉区の中田中央公園野球場で落雷、感電し男性2人重軽症

公開日：2014年6月24日15時56分

0件 なんちゃって記者

約5分

事故 国内 気象情報 災害 社会 自然現象 速報

1 Tweet 67 0 

8+1 Follow Bookmark CLIP

落雷したのは50m近く離れた雑木林

50m離れても、地面を伝わる雷電流で重軽傷

重症 金属製トンボ 手から上半身 ⇒
下半身へと流れる

軽傷 木製トンボ 下半身を通過するだけ

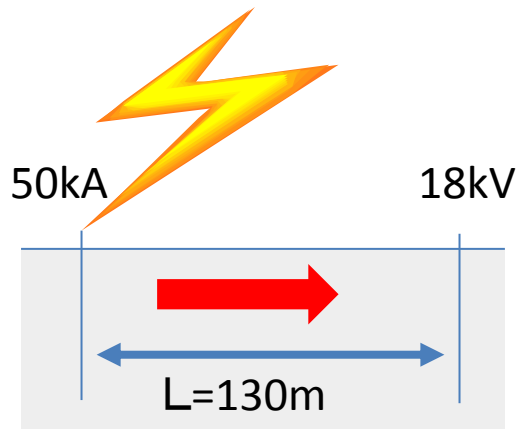


24日13時15分頃、横浜市泉区にある中田中央公園野球場で落雷があったと消防に通報があった。現場では30代の男性2人が、手のしびれや頭痛を訴えており、いずれも意識はあるが、うち1人は重症だという。関東地方では大気の状態が不安定で各地で激しい雷雨や豪雨となっている。

落雷

大地抵抗率	300Ω・m
流入部接地抵抗	100Ω
雷撃電流	50kA

落雷地点からの距離(m)	電位上昇(kV)
10m	239
20m	119
30m	80
50m	48
70m	34
100m	24
120m	20
130m	18
160m	15
180m	13
200m	12



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

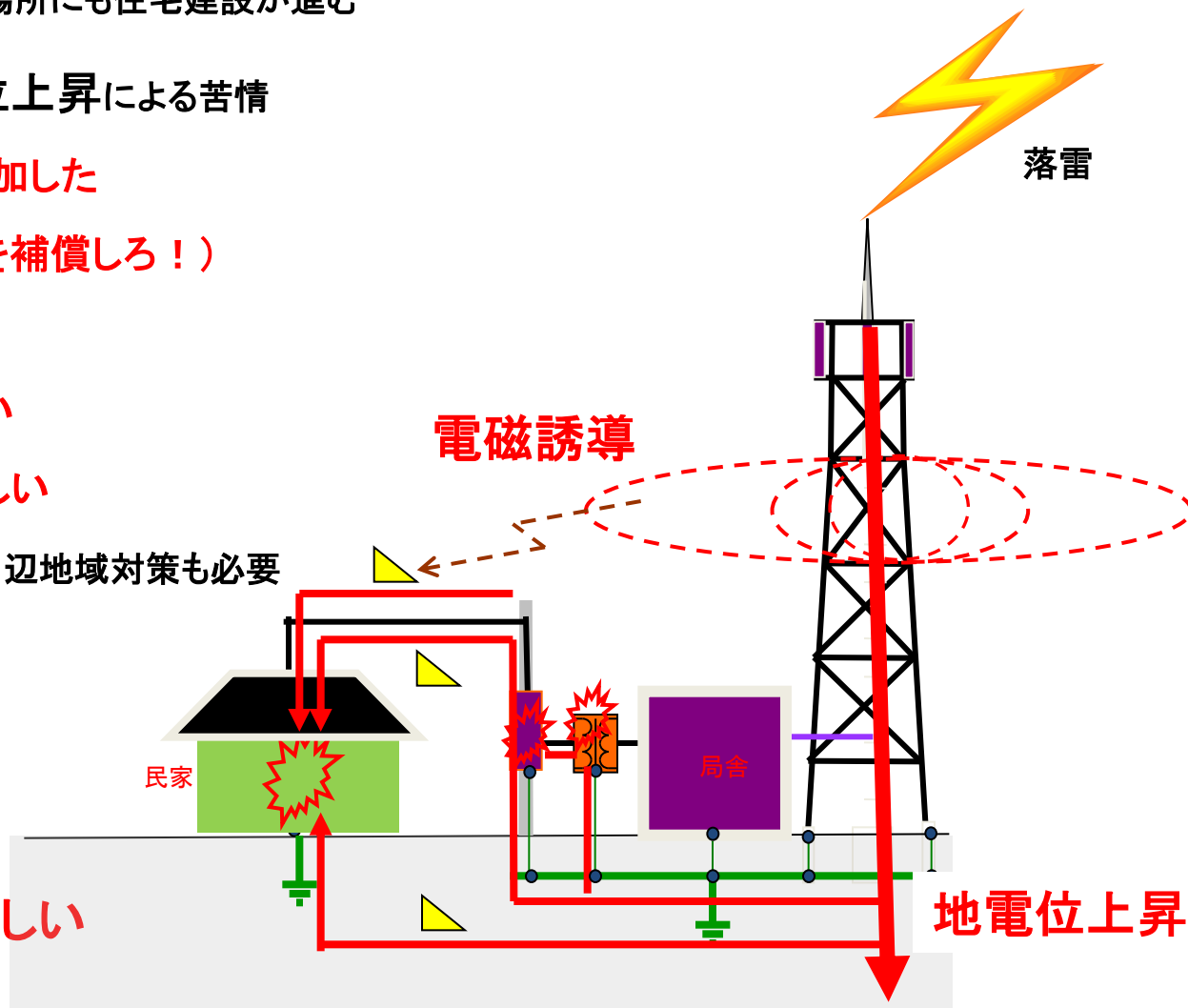
安心できる生活に戻りたい

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



- 屋外では、直撃を受けなくても、地面を流れる電流で負傷する事もある。

落雷しそうな木立には近寄らない。 **100m離れても危険。**

雷雨の時は、屋内にいるのが一番安全



新潟県刈羽郡「刈羽ぴあパーク とうりんぼ サッカー場」様

横浜市の球場のその後の対策



大学生と児童の安全のために

八王子市 と 京丹後市



創価大学 新総合教育棟

京丹後市立「某保育所」

川崎市内の小学校



横浜市内の小学校



屋外イベント 東京ビッグサイト コミケ (1)



2013/10/7

Copyright LSS 2013

18

高さ22m



各種対策の比較

	機器概要	長所	短所	施工費	ランニングコスト
避雷器 保安器	電線を通るサージ電流をバイパスするもので、電気機器の保護用。	電線を通る「誘導雷」から機器を保護 屋外の人の保護にはならない。	自然現象は発生するまで大きさが分からないので、容量を超える電流が流れた場合には効果無し	保護する機器の数と種類による	大きな電流が流れた場合には交換
通常避雷針	落雷を積極的に誘導する	避雷針への落雷を期待できる	1. 必ずしも落雷を誘導できず、付近への落雷を招く 2. 落雷を誘導できても地面を流れる雷電流による二次被害	1か所 100万円程度	年間の目視による点検のみ
PDCE避雷針	落雷をその周辺に発生させない	屋外での安全を確保できる	1. 初期費用が高い 2. 高い確率で落雷を防げるが、100%とは言えない	1か所 150万円～400万円程度	年間の目視による点検のみ
落雷警報	雷雲の接近の際に警報を出す	落雷情報会社と契約するだけで開始できる。 特に機器は必要としない	1. 1年中の契約が必要 2. 警報を確実に伝えられるか? 3. 避難する場所が必要	種類によるが機器の設置の必要は特になし	年間契約と警報を伝える仕組み

