

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	外雷 01 <u>R 9</u>
提出年月日	<u>令和 5 年 11 月 30 日</u>

## 設工認に係る補足説明資料

### 落雷への配慮に関する

### 避雷設備の概要について

1. 文章中の下線部は、R 8 から R 9 への変更箇所を示す。
2. 本資料（R 9）は、令和 4 年 12 月 5 日に提示した「外雷 01 避雷設備の概要について R 8」に対し、以下の記載内容を見直したものである。
  - ◆ 落雷防護対象施設を収納する建屋，屋外の落雷防護対象施設，使用済燃料収納キャスクを収納する建屋，主排気筒以外の高い構築物，接地設計についての記載を追加した。
  - ◆ 廃棄物管理施設に係る記載を追加した。

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 設計方針 .....	1
3. 直撃雷に対する防護設計 .....	4
3.1 落雷防護対象施設を収納する建屋 .....	4
3.2 屋外の落雷防護対象施設 .....	5
3.3 落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物 .....	6
3.4 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋 .....	7
4. 間接雷の影響を抑制するための接地設計 .....	8
4.1 接地設計 .....	8
5. 主排気筒以外の高い構築物の設計 .....	9
6. 外部事象防護対象施設を収納する建屋 .....	9
7. ガラス固化体を収納する輸送容器を収納する建屋 .....	10
8. 避雷設備の設計の検証について .....	11
8.1 避雷設備の健全性について .....	11
8.2 最新の規格への適合状況について .....	11

### 別添1 過去事例における主排気筒突針の確認結果

### 別添2 雷撃電流による温度上昇について

■■■■■については商業機密の観点から公開できません

## 1. 概要

本資料は、再処理施設及び廃棄物管理施設に対する第1回及び第2回設工認申請のうち、以下の添付書類に示す落雷への配慮に関する基本方針について補足説明するものである。

- ◆ 再処理施設 添付書類「V-1-1-1-6-1 落雷への配慮に関する基本方針」
- ◆ 再処理施設 添付書類「V-1-1-1-6-3 落雷の影響を考慮する施設の設計方針」
- ◆ 廃棄物管理施設 添付書類「III-1-1-1-1 自然現象への配慮に関する説明書」

本申請において、再処理施設においては、落雷防護対象施設を収納する建屋、屋外の落雷防護対象施設及び落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物（以下「落雷防護対象施設等」という。）は、落雷による直撃雷に対する防護設計及び間接雷の影響を抑制するための接地設計として、「原子力発電所の耐雷指針」（JEAG4608-2007）、「建築基準法」及び「消防法」に基づき、日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する設計とすることを説明している。また、廃棄物管理施設においては、外部事象防護対象施設を収納する建屋に「原子力発電所の耐雷指針」（JEAG4608-2007）、「建築基準法」及び「消防法」に基づき、日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する設計とすることを説明している。

本資料では、落雷防護対象施設及び外部事象防護対象施設が落雷によって安全機能を損なわないための防護設計として、再処理施設の落雷防護対象施設等及び廃棄物管理施設の外部事象防護対象施設を収納する建屋に設置する避雷設備の概要を示す。

## 2. 設計方針

一般的に落雷は高い建物及び構築物に対して発生しやすいという特徴があり、再処理施設では最も高い構築物である主排気筒（高さ 150m）に落雷が発生しやすい。また、雷撃電流が大きくなるほど雷撃距離が長くなること及び雷撃電流と雷撃距離の関係（Armstrong & Whitehead の式）を考慮すると、落雷防護対象施設等に対して、雷撃電流 270kA の落雷は、第1図に示すとおり主排気筒にて捕捉されると考えられる。したがって、落雷によってもたらされる影響のうち直撃雷に対する防護設計としては、主排気筒において雷撃電流 270kA の直撃雷の影響を考慮して、「原子力発電所の耐雷指針」（JEAG4608-2007）及び「建築基準法」に基づき、日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する設計とする。

また、落雷が高い建物及び構築物に発生しやすい特徴を踏まえ、主排気筒を除く落雷防護対象施設等は、主排気筒等の高い構築物にて捕捉される落雷を考慮して防護設計を行う。具体的には、雷撃電流 150kA 以上の落雷は、第1図に示すとおり、主排気筒並びに主排気筒の次に高い北換気筒（高さ 75m）及び低レベル廃棄物処理建屋換気筒（高さ 75m）によって捕捉される。したがって、主排気筒を除く落雷防護対象施設等において想定され

る落雷の規模は 150kA よりも小さくなるが、これらの施設に対しては雷撃電流 150kA の落雷の影響を考慮して、「原子力発電所の耐雷指針」(JEAG4608-2007)、「建築基準法」及び「消防法」に基づき、日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する設計とする。

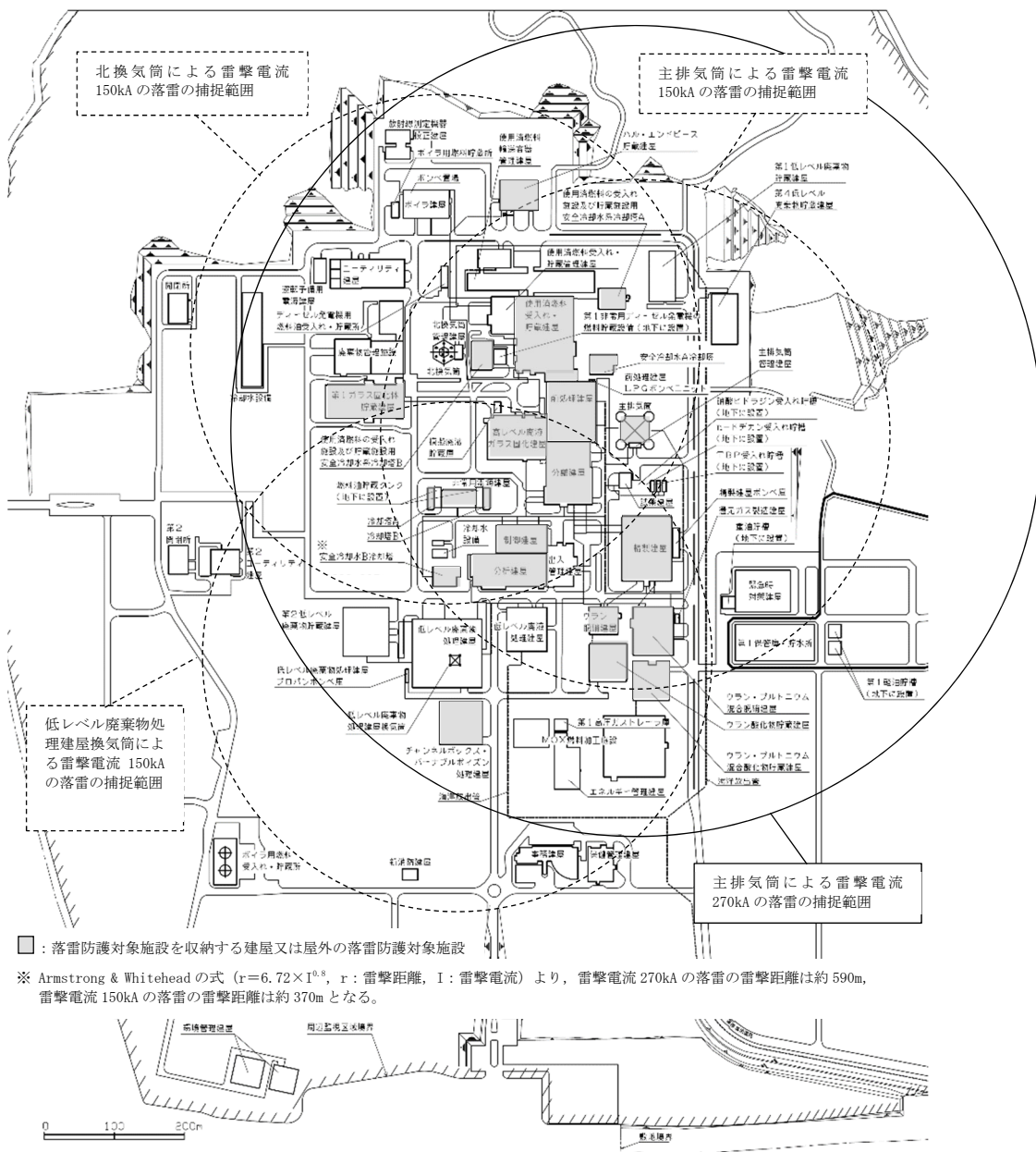
なお、主排気筒以外の高い構築物である北換気筒及び低レベル廃棄物処理建屋換気筒は、落雷防護対象施設等には含まれないが、雷撃電流 150kA を超え、かつ、主排気筒に捕捉されない直撃雷を捕捉するため、主排気筒と同等の避雷設備を設置する設計とする。

また、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋は、使用済燃料収納キャスクへの波及的破損を与えない設計とするため、主排気筒を除く落雷防護対象施設等と同様の設計とする。

落雷防護対象施設等に設置する避雷設備の各接地系は、互いに接続することにより構内接地系の電位分布の平坦化を図り、間接雷の影響を抑制する設計とする。

各施設に設置する避雷設備の概要については、添付書類「VI-1-1-1-6-2 落雷の影響を考慮する施設の選定」に基づき、落雷防護対象施設を収納する建屋、屋外の落雷防護対象施設、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物等の施設分類ごとに 3. に示す。また、雷撃電流 150kA を超え、かつ、主排気筒に捕捉されない直撃雷を捕捉する北換気筒及び低レベル廃棄物処理建屋換気筒の避雷設備の概要についても 5. に示す。

廃棄物管理施設では、外部事象防護対象施設を収納する建屋において雷撃電流 270kA の直撃雷の影響を考慮して、「原子力発電所の耐雷指針」(JEAG4608-2007)及び「建築基準法」に基づき、日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する設計とする。なお、ガラス固化体を収納した輸送容器への波及的破損を与えない設計とするため、ガラス固化体を収納した輸送容器を収納する建屋は、外部事象防護対象施設を収納する建屋と同様の設計とする。



第 1 図 落雷の捕捉範囲の概略図

### 3. 直撃雷に対する防護設計

#### 3.1 落雷防護対象施設を収納する建屋

##### (1) 設計要件

落雷防護対象施設を収納する建屋の避雷設備は、日本産業規格（JIS A 4201）に準拠したものとする。主な設計要件は以下のとおりである。

a. 各々の落雷防護対象施設を収納する建屋に設置する避雷設備は、当該建屋の構造及び配置を踏まえた上で、日本産業規格（JIS A4201-1992（以下「1992年版JIS」という。）に準拠したものとする。

b. 避雷設備の受雷部は、落雷防護対象施設を収納する建屋への雷撃を防止するため、以下の設計とする。

- ◆ 受雷部は、突針又はむね上げ導体を基本とする。
- ◆ むね上げ導体は、非保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設ける。
- ◆ 受雷部がひとつの場合を除き、受雷部は、むね、パラペット又は屋根上に設置した避雷導線によって接続するか、若しくはループ状に接続する。

c. 避雷設備の受雷部は、雷撃電流を大地に放流するため、銅又は鉄等の導体を材料とした引下げ導線（以下「引下げ導線」という。）によって接地極に接続する。

d. 避雷設備の引下げ導線は、火花放電の発生の低減を図るため、以下の設計とする。

- ◆ 落雷防護対象施設を収納する建屋の外周に複数本をほぼ均等に配置し、その間隔を50m以下とする。
- ◆ 短い距離にて接地極へ接続する。
- ◆ 引下げ導線の材料として、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅を使用する。

e. 避雷設備の接地極は、接地抵抗の低減及び雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平坦化を図るため、網状接地極を基本とする。

##### (2) 避雷設備の配置

(1) に示す設計要件を踏まえ、落雷防護対象施設を収納する建屋の避雷設備は、以下の設計とする。

- ◆ 設計要件において、むね上げ導体は被保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設けるとしているのに対し、受雷部としてむね上げ導体を採用している落雷防護対象施設を収納する建屋のうち最もむね上げ導体の間隔が広いもので約19m（CB建屋）とする。
- ◆ 設計要件において、引下げ導線の間隔を50m以下とするとしているのに対し、最も引下げ導線の間隔が広い箇所では約49.1m（FA、CB建屋）とする。
- ◆ 設計要件における引下げ導線は、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅とするとしているのに対し、最も断面積が小さい引下げ導線として断面積が38mm<sup>2</sup>の銅（BA、BB、CB、GA建屋）を用いる。
- ◆ 接地極としては網状接地極を採用する。

落雷防護対象施設を収納する建屋に係る避雷設備の配置設計はどの設備も同等のため、一例を別紙1に示す。

### 3.2 屋外の落雷防護対象施設

#### (1) 設計要件

屋外の落雷防護対象施設に設置する避雷設備は、日本産業規格（JIS A 4201）に準拠したものとする。主な設計要件は以下のとおりである。

a. 屋外の落雷防護対象施設に設置する避雷設備は、1992年版JISに準拠したものとする。

b. 避雷設備の受雷部は、屋外の落雷防護対象施設への雷撃を防止するため、以下の設計とする。

- ◆ 受雷部は、突針又はむね上げ導体を基本とする。
- ◆ むね上げ導体は、非保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設ける。
- ◆ 受雷部がひとつの場合を除き、受雷部は、避雷導線によって接続するか又はループ状に接続する。

c. 避雷設備の受雷部は、雷撃電流を大地に放流するため、引下げ導線又は金属製の構造体利用を採用した引下げ導線（以下「構造体利用引下げ導線」という。）によって接地極に接続する。

d. 避雷設備の引下げ導線は、火花放電の発生の低減を図るため、以下の設計とする。

- ◆ 屋外の落雷防護対象施設の外周に複数本をほぼ均等に配置し、その間隔を50m以下とする。
- ◆ 短い距離にて接地極へ接続する。
- ◆ 引下げ導線の材料として、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅を使用する。

e. 避雷設備の接地極は、接地抵抗の低減及び雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平坦化を図るため、網状接地極を基本とする。

#### (2) 避雷設備の配置

(1)に示す設計要件を踏まえ、屋外の落雷防護対象施設の避雷設備の設計を以下のとおりとする。

- ◆ 設計要件において、むね上げ導体は被保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設けるとしているのに対し、受雷部としてむね上げ導体を採用している落雷防護対象施設を収納する建屋のうち最もむね上げ導体の間隔が広いもので約18.95m（CA建屋）とする。
- ◆ 設計要件において、引下げ導線の間隔を50m以下とするとしているのに対し、最も引下げ導線の間隔が広い箇所約49.2m（AC建屋）とする。
- ◆ 設計要件における引下げ導線は、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅とするとしているのに対し、最も断面積が小さい引下げ導線として断面積が40mm<sup>2</sup>の銅（AB、AC、CA建屋）

を用いる。

- ◆ 接地極としては網状接地極を採用する。

屋外の落雷防護対象施設に係る避雷設備の配置設計はどの設備も同等のため、一例を別紙2に示す。

### 3.3 落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物

#### (1) 設計要件

落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の避雷設備は、日本産業規格 (JIS A 4201) に準拠したものとする。主な設計要件は以下のとおりである。

- a. 各々の落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物に設置する避雷設備は、当該施設の構造及び配置を踏まえた上で、日本産業規格 (JIS A 4201-2003 (以下「2003年版 JIS」という。)) における保護レベル I に準拠したものとする。
- b. 避雷設備の受雷部は、構築物内側の落雷防護対象施設への雷撃を防止するため、金属製の構造体利用を採用し、材料として断面積  $50\text{mm}^2$  以上又は厚さ  $4\text{mm}$  以上の鉄 (鋼材) を用いるとともに、メッシュ法幅  $5\text{m}$  以下となるようにする。
- c. 避雷設備の受雷部は、雷撃電流を大地に放流するため、引下げ導線又は構造体利用引下げ導線によって接地極に接続する。
- d. 避雷設備の引下げ導線又は構造体利用引下げ導線は、火花放電の発生の低減を図るため、以下の設計とする。
  - ◆ 引下げ導線は、ほぼ均等に、かつ、平均間隔  $10\text{m}$  以下となるように配置する。
  - ◆ 引下げ導線は、短い距離にて接地極へ接続する。
  - ◆ 引下げ導線の材料として断面積  $38\text{mm}^2$  以上の銅を、構造体利用引下げ導線として断面積  $50\text{mm}^2$  以上の鉄 (鋼材) を使用する。
- e. 避雷設備の接地極は、接地抵抗の低減及び雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平坦化を図るため、網状接地極を基本とする。

#### (2) 避雷設備の配置

(1) に示す設計要件を踏まえ、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の避雷設備の設計を以下のとおりとする。

- ◆ 設計要件において、構造体利用の受雷部の材料を断面積  $50\text{mm}^2$  以上又は厚さ  $4\text{mm}$  以上の鉄 (鋼材) としているのに対し、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の架構の天面は断面積が  $6\text{千}\text{mm}^2$  以上の鋼材を用いるとともに、架構間に取り付ける鋼製ネットの線径を  $4\text{mm}$ 、鋼製の防護板の厚さを  $9\text{mm}$  とする。
- ◆ 設計要件におけるメッシュ法幅  $5\text{m}$  以下に対し、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の架構の短辺の間隔を  $5\text{m}$  以下とする。2003年版 JIS の解説によると、「メッシュ導体は受雷効果を主目的とするものであることから、メッシュの形状は必ずしも網状を構成する必要はなく、平行導体を構成すれば保護効果は同等である。」とされている。したがって、架構間の長辺が  $5\text{m}$  を超えていても、短辺が



5m 以下となっていれば、メッシュ法幅 5m 以下の平行導体とみなすことができる。また、架構の間には、鋼製のネット及び鋼製の防護板をワイヤーロープ、ボルト締め等の導通が保たれる方法で設置する。

- ◆ 設計要件における引下げ導線及び構造体利用引下げ導線の平均間隔 10m 以下に対し、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の架構の柱を数 m 間隔で設置し、架構の柱に取り付ける引下げ導線の平均間隔が 10m 以下となるようして B 型接地極に接続する。
- ◆ 設計要件における引下げ導線は、断面積  $38\text{mm}^2$  以上の銅とするのに対し、最も断面積が小さい引下げ導線として断面積が  $38\text{mm}^2$  以上の銅を用いる。また、構造体利用引下げ導線を断面積  $50\text{mm}^2$  以上の鉄（鋼材）とするのに対し、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の柱は断面積が  $2\text{万 mm}^2$  以上の鋼材を用いる。
- ◆ 接地極としては B 型接地極を採用する。

落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物に係る避雷設備の配置設計はどの設備も同等のため、一例を別紙 3 に示す。

### 3.4 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋

#### (1) 設計要件

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の避雷設備は、日本産業規格（JIS A 4201）に準拠したものとする。主な設計要件は以下のとおりである。

a. 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋に設置する避雷設備は、1992年版JISに準拠したものとする。

b. 避雷設備の受雷部は、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋への雷撃を防止するため、以下の設計とする。

- ◆ 受雷部は、突針又はむね上げ導体を基本とする。
- ◆ むね上げ導体は、非保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設ける。
- ◆ 受雷部がひとつの場合を除き、受雷部は、むね、パラペット又は屋根上に設置した避雷導線によって接続するか、若しくはループ状に接続する。

c. 避雷設備の受雷部は、雷撃電流を大地に放流するため、銅、鉄等の導体を材料とした引下げ導線（以下「引下げ導線」という。）によって接地極に接続する。

d. 避雷設備の引下げ導線は、火花放電の発生の低減を図るため、以下の設計とする。

- ◆ 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の外周に複数本をほぼ均等に配置し、その間隔を50m以下とする。
- ◆ 短い距離にて接地極へ接続する。
- ◆ 引下げ導線の材料として、断面積 $38\text{mm}^2$ 以上の銅を使用する。

e. 避雷設備の接地極は、接地抵抗の低減及び雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平

平坦化を図るため、網状接地極を基本とする。

## (2) 避雷設備の配置

(1) に示す設計要件を踏まえ、使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の避雷設備の設計を以下のとおりとする。

- ◆ 設計要件において、むね上げ導体は被保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設けるとしているのに対し、最もむね上げ導体の間隔が広い箇所では約9.82mとする。
- ◆ 設計要件において、引下げ導線の間隔を50m以下とするとしているのに対し、最も引下げ導線の間隔が広い箇所では約49mとする。
- ◆ 設計要件における引下げ導線は、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅とするとしているのに対し、最も断面積が小さい引下げ導線として断面積が40mm<sup>2</sup>の銅（FCM建屋）を用いる。
- ◆ 接地極としては網状接地極を採用する。

使用済燃料収納キャスクを収納する建屋に係る避雷設備の配置設計はどの設備も同等のため、一例を別紙4に示す。

## 4. 間接雷の影響を抑制するための接地設計

### 4.1 接地設計

#### (1) 設計要件

間接雷による影響を抑制するため、日本産業規格（JIS A 4201）に準拠した接地設計を行う。接地設計の主な設計要件は以下のとおりとする。

- 各々の接地極は原則として2箇所以上で接続し、構内接地系の電位分布の平坦化を図る。
- 各々の接地極及び構内接地系の接地線の材料は、断面積150mm<sup>2</sup>以上の銅とする。
- 各々の接地極及び構内接地系の接地線の埋設深さは、地表から0.75m以上とする。
- 構内接地系の接地抵抗は、最大故障電流による最大接地電位上昇値、歩幅電圧及び歩幅電圧の制限によって定められる所定の目標値（JIS A 4201 による標準設計値10Ω）を十分下回る設計とし、3Ω以下となるよう設計する。

#### (2) 構内接地系の配置

(1) に示す設計要件を踏まえ、接地設計を以下のとおりとする。

- ◆ 各々の接地極は原則として2箇所以上で接続するとしているのに対し、各接地極は最低2箇所以上で接続する設計とする。
- ◆ 設計要件における接地極及び構内接地系の接地線は、断面積150mm<sup>2</sup>以上の銅を使用しているのに対し、接地線として断面積150～250mm<sup>2</sup>の銅を用いる。
- ◆ 設計要件において、接地極及び構内接地系の接地線は、埋設深さ0.75m以上とするとしているのに対して、0.75m以上とする。
- ◆ 構内接地系の接地抵抗を3Ω以下とするとしているのに対し、構内接地系の敷設

後に接地抵抗の測定を実施し、各々の測定点において3Ω以下であることを確認する。

構内接地系の配置図を別紙5に示す。

## 5. 主排気筒以外の高い構築物の設計

### (1) 設計要件

主排気筒以外の高い構築物の避雷設備は、日本産業規格（JIS A 4201）に準拠したものとす。主な設計要件は以下のとおりである。

- a. 主排気筒以外の高い構築物に設置する避雷設備は、1992年版JISに準拠したものとす。
- b. 避雷設備の受雷部は、屋外の落雷防護対象施設への雷撃を極力防止するため、突針を基本とする。
- c. 避雷設備の受雷部は、雷撃電流を大地に放流するため、引下げ導線又は構造体利用引下げ導線によって接地極に接続する。
- d. 避雷設備の引下げ導線は、火花放電の発生を低減を図るため、以下の設計とする。
  - ◆ 主排気筒以外の高い構築物の外周に複数本をほぼ均等に配置し、その間隔を50m以下とする。
  - ◆ 短い距離にて接地極へ接続する。
  - ◆ 引下げ導線の材料として、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅を使用する。
- e. 避雷設備の接地極は、接地抵抗の低減及び雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平坦化を図るため、網状接地極又は環状接地極とする。

### (2) 避雷設備の配置

(1)に示す設計要件を踏まえ、主排気筒以外の高い構築物の避雷設備の設計を以下のとおりとする。

- ◆ 引下げ導線の間隔を50m以下とするとしているのに対し、最も引下げ導線の間隔が広い箇所で約28m（A3建屋）とする。
- ◆ 引下げ導線を断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅とするとしているのに対し、最も断面積が小さい引下げ導線として断面積が40mm<sup>2</sup>の銅（A3建屋）を用いる。  
接地極としては、北換気筒において環状接地極を、低レベル廃棄物処理建屋換気筒において網状接地極を採用する。

主排気筒以外の高い構築物に係る避雷設備の配置設計はどの設備も同等のため、一例を別紙6に示す。

## 6. 外部事象防護対象施設を収納する建屋

### (1) 設計要件

外部事象防護対象施設を収納する建屋の避雷設備の設計要件は、「3.1 落雷防護対象

外雷 01-9

施設を収納する建屋（１）設計要件」に示す設計要件と同様とする。

## （２）避雷設備の配置

（１）に示す設計要件を踏まえ、外部事象防護対象施設を収納する建屋の避雷設備の設計を以下のとおりとする。

- ◆ 設計要件において、むね上げ導体は被保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設けるとしているのに対し、受雷部としてむね上げ導体を採用している落雷防護対象施設を収納する建屋のうち最もむね上げ導体の間隔が広いもので約17.9m（EB建屋）とする。
- ◆ 設計要件において、引下げ導線の間隔を50m以下とするとしているのに対し、最も引下げ導線の間隔が広い箇所では約17.9m（EB建屋）とする。
- ◆ 設計要件における引下げ導線は、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅とするとしているのに対し、最も断面積が小さい引下げ導線として断面積が40mm<sup>2</sup>の銅（EB、EB2建屋）を用いる。
- ◆ 接地極としては網状接地極を採用する。

外部事象防護対象施設を収納する建屋に係る避雷設備の配置設計はどの設備も同等のため、一例を別紙7に示す。

## 7. ガラス固化体を収納する輸送容器を収納する建屋

### （１）設計要件

ガラス固化体を収納する輸送容器を収納する建屋の避雷設備の設計要件は、「3.4 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋（１）設計要件」に示す設計要件と同様とする。

### （２）避雷設備の配置

（１）に示す設計要件を踏まえ、外部事象防護対象施設を収納する建屋の避雷設備の設計を以下のとおりとする。

- ◆ 設計要件において、むね上げ導体は被保護範囲の部分の各点からの水平距離が10m以下となるように設けるとしているのに対し、最もむね上げ導体の間隔が広い箇所では約15mとする。
- ◆ 設計要件において、引下げ導線の間隔を50m以下とするとしているのに対し、最も引下げ導線の間隔が広い箇所では約47mとする。
- ◆ 設計要件における引下げ導線は、断面積38mm<sup>2</sup>以上の銅とするとしているのに対し、引下げ導線として断面積が40mm<sup>2</sup>の銅を用いる。
- ◆ 接地極としては網状接地極を採用する。

外部事象防護対象施設を収納する建屋に係る避雷設備の配置設計はどの設備も同等のため、一例を別紙8に示す。

## 8. 避雷設備の設計の検証について

### 8.1 避雷設備の健全性について

「2. 設計方針」に示すとおり、雷撃電流 270kA の落雷は主排気筒にて捕捉されると考えられる。その場合、雷撃電流は主排気筒に設置された突針、主排気筒を構成する構造物（筒身及び架構）、引下げ導線及び網状接地極を経由して大地に放流される。このうち、雷撃による突針の健全性については、過去事例における避雷針の状態を確認した結果により、問題ないことを別添 1 に示す。また、避雷設備を構成する部位のうち、最も断面積が小さく雷撃電流が流れた時の影響が大きいと考えられる引下げ導線についても健全性を確認した結果を別添 2 に示す。

### 8.2 最新の規格への適合状況について

再処理施設における直撃雷に対する落雷防護設計は、「原子力発電所の耐雷指針」(JEAG4608) 及び日本産業規格 (JIS A4201) に基づくものとしている。ここでは、これらの規格の最新の内容に照らした再処理施設の落雷防護設計の適合状況について確認した結果を示す。

#### (1) 日本産業規格 (JIS A 4201)

日本産業規格 (JIS A 4201) には 1992 年版と 2003 年版がある。再処理施設においては、ほとんどの施設が 2003 年よりも前に設計を実施していることから、1992 年版 JIS に準拠して避雷設備を設計している。一方で、新規制基準を受けて新たに設置又は改造の工事を実施した施設については、2003 年版 JIS に準拠して避雷設備を設計している。

ここで、国土交通省告示第 650 号「雷撃によって生ずる電流を建築物に被害を及ぼすことなく安全に地中に流すことができる避雷設備の構造方法を定める件」により、1992 年版 JIS に適合する避雷設備は、2003 年版 JIS に規定する外部雷保護システムに適合するものとされている。

以上のことから、再処理施設における落雷防護設計として設置する避雷設備は、最新の日本産業規格 (JIS A 4201) に適合するものである。

#### (2) 原子力発電所の耐雷指針 (JEAG4608)

「原子力発電所の耐雷指針 (JEAG4608-2007)」(以下「JEAG4608-2007」という。)は、再処理施設の事業指定 (変更許可) の取得後に改訂され、「原子力発電所の耐雷指針 (JEAG4608-2020)」(以下「JEAG4608-2020」という。)として発行されている。

JEAG4608-2020 の主な改訂点は以下のとおりである。

- ① 適用範囲に、原子力発電所以外の原子力関連施設を追加
- ② 防護措置の対象に重大事故等対処設備を追加
- ③ 原子炉施設の雷保護レベルの明確化
- ④ 日本原燃(株)再処理施設のトラブル事象を踏まえ、屋内の計測制御設備への考慮の追加

これらの改訂点について、再処理施設の落雷防護設計との関係を確認する。

上記の①については、もともと JEAG4608-2007 は原子力発電所への適用を念頭において作成されたものであるが、再処理施設においてもこれを適用しており、原子力発電所以外の原子力関連施設にも適用するという JEAG4608-2020 の目的に合致したものとなっている。

上記の②については、事業変更許可申請に係る適合性審査において既に考慮しており、重大事故等対処設備を収納する建屋、屋外の重大事故等対処設備及び屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備においても、落雷の影響を考慮した設計又は保管上の配慮をしている。したがって、既に防護措置の対象に重大事故等対処設備を含めており、JEAG4608-2020 の目的に合致したものとなっている。

上記の③については、JEAG4608-2020 において、「原子炉施設の安全に直接係る機器及び回路、並びに重大事故等対処設備を収納する建築物の雷保護レベルを I とし、それ以外の建築物（危険物施設を除く）については雷保護レベルを IV とすること」が明確にされている。雷保護レベルは、2003 年版 JIS において適用された考え方であり、再処理施設では落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の避雷設備の設計において考慮されている。これについては、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の避雷設備の詳細を記載する別紙 3 において説明するが、落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の避雷設備の構造を踏まえ、雷保護レベル I として設計している。

上記の④については、当社の再処理施設で発生したトラブルへの対策を反映したものであることから、既に再処理施設の落雷防護設計において考慮されている。具体的には、間接雷の影響として建屋間を取り合う計測制御設備に生じる電位差の影響を考慮した設計とすることを推奨するものであり、再処理施設の間接雷に対する防護設計において適用している対策を規格化したものである。

以上のことから、再処理施設の落雷防護設計は、JEAG4608-2020 における改訂内容に照らしても十分な配慮がなされたものとなっていると判断することができる。

以上

## 別添 1

# 過去事例における 主排気筒突針の確認結果

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 主排気筒における避雷設備の状況 .....	1



## 1. 概要

再処理施設においては、安全上重要な施設の機能に影響が及ぶような落雷を経験していることから、当該事例の実績に基づいて突針の健全性を確認した結果について補足する。

## 2. 主排気筒における避雷設備の状況

再処理事業所敷地内では2015年8月2日に、雷撃電流の最大値が196kA（波高値）とされる落雷が計測した。落雷したと考えられる、落雷想定範囲の中で最も高さのある主排気筒には3つの突針が存在し、このうち、北側の避雷設備には第1図で示す通りの溶融痕が存在したものの、突針が破損するなどの様子は確認されなかった。



第1図 落雷による溶融痕

令和5年11月30日 R0

## 別添2

雷撃電流による温度上昇について

## 目次

1. 概要 .....	1
2. 雷撃電流による温度上昇.....	1
3. 参考文献.....	4

## 1. 概要

再処理施設においては、雷撃電流270kAの落雷は主排気筒にて捕捉されるものと考えられる。主排気筒の避雷設備は、受雷部（突針）、引下げ導線部（構造体部分及び構造体部分から接地極へ接続する引下げ導線）及び接地極（網状接地極）からなり、このうち構造体部分から網状接地極へ接続する引下げ導線部が最も断面積が小さい。したがって、この部分を対象に、落雷発生時の温度上昇を確認し、健全性に問題がないことを説明する。

## 2. 雷撃電流による温度上昇

主排気筒に雷撃電流270kAの落雷が発生し、この雷撃電流が避雷設備を流れた場合における引下げ導線部分の温度変化を評価する。温度変化の評価に当たっては、雷撃電流が導線を流れた際の単位時間当たりのジュール熱からその総量を求め算定する。

評価に使用する記号は第1表のとおりであり、雷撃電流値の波形（時間変化）を、第1図のとおり仮定する<sup>(1)</sup>。この電撃電流が流れた場合に発生するジュール熱のすべてが引下げ導線部分の温度上昇に使われ、導線はジュール熱以外の熱のやり取りがないものとする。また、引下げ導線は複数本設置されているが、1本の引下げ導線に雷撃電流が集中して流れるものとする。

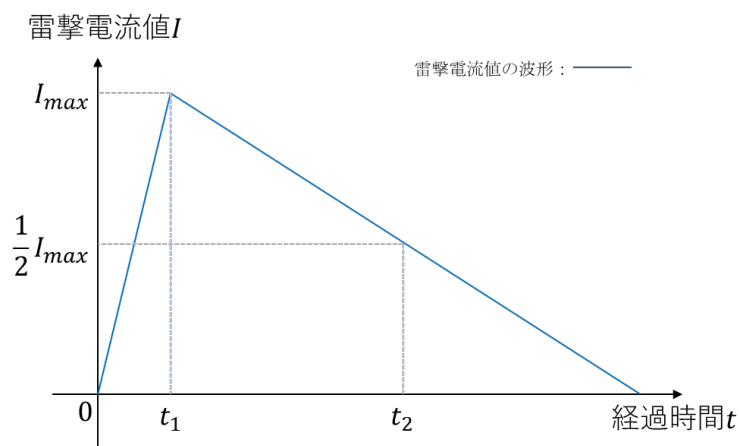
第1表 温度上昇の評価に用いる記号

物理量	記号	具体値	備考
引下げ導線(銅線)条件	導線長さ	$L$	—
	断面積	$S$	$38 \times 10^{-6} \text{ m}^2$
	電気抵抗率	$\sigma$	$1.55 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$
	比熱	$c$	$386 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
	密度	$\rho$	$8880 \text{ kg}/\text{m}^3$ *1
落雷条件	雷撃電流	$I$	(第1図)
	波高値	$I_{max}$	270kA
	波頭値	$t_1$	$2 \mu \text{ s}^2$
	波尾値	$t_2$	$70 \mu \text{ s}^2$

\*1: 「伝熱工学資料 改定第5版<sup>(2)</sup>」に記載されている、温度300Kでの数値を参照している。

\*2: 発熱量の算定にあたって厳しい値となるように、波頭値及び波尾値をそれぞれ $2 \mu \text{ s}$ 、 $70 \mu \text{ s}$ とした。

\*3: 「原子力発電所の耐雷指針」(JEAG4608-2007)に引用されている電力中央研究所総合報告(T40)「発変電所および地中送電線の耐雷設計ガイド<sup>(1)</sup>」に基づき、第1図のような線形的に上昇・下降する波高形を想定している。



第1図 想定する雷撃電流値の波形

雷撃電流 $I$ [A]が流れた際の単位時間当たりのジュール熱 $W$ [J/s]から、ジュール熱の総量 $Q$ [J]を計算すると、以下のとおりとなる。ただし、積分要素 $t$ は時間である。

$$\begin{aligned} Q &= \int W dt \\ &= \int \left( I^2 \times \sigma \frac{L}{S} \right) dt \\ &= \frac{\sigma L}{S} \int I^2 dt \end{aligned}$$

また、ジュール熱の総量 $Q$ [J]による導線の上昇温度 $\Delta T$ [°C]は、以下のとおりである。

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{Q}{c \times \rho S L} \\ &= \frac{1}{c \rho S L} \frac{\sigma L}{S} \int I^2 dt \\ &= \frac{\sigma}{c \rho} \int \left( \frac{I}{S} \right)^2 dt \end{aligned}$$

ここで、雷撃電流値の時間依存式は、雷撃電流値の波形（時間変化）を第1図のとおり仮定することから、以下のとおりの式である。

$$I = \begin{cases} I_{max} \frac{t}{t_1} & (0 \leq t \leq t_1) \\ \frac{I_{max}}{2} \frac{(2t_2 - t_1) - t}{t_2 - t_1} & (t_1 \leq t \leq 2t_2 - t_1) \end{cases}$$

したがって、雷撃電流による導線の温度上昇 $\Delta T$ [°C]は、以下のとおり算出できる。

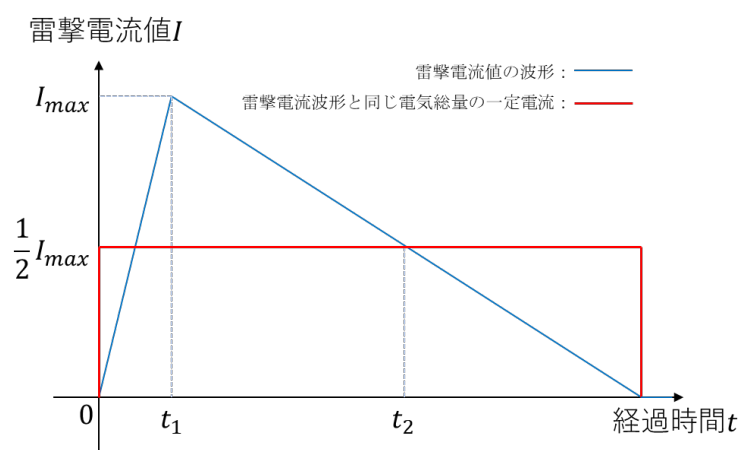
$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{\sigma}{c \rho S^2} \left[ \left( \frac{I_{max}}{t_1} \right)^2 \int_0^{t_1} t^2 dt + \left( \frac{I_{max}}{2(t_2 - t_1)} \right)^2 \int_{t_1}^{2t_2 - t_1} \{(2t_2 - t_1) - t\}^2 dt \right] \\ &= \frac{\sigma}{c \rho S^2} \left[ \left( \frac{I_{max}}{t_1} \right)^2 \frac{t_1^3}{3} + \left( \frac{I_{max}}{2(t_2 - t_1)} \right)^2 \frac{\{2(t_2 - t_1)\}^3}{3} \right] \\ &= \frac{\sigma}{c \rho} \left( \frac{I_{max}}{S} \right)^2 \frac{(2t_2 - t_1)}{3} \\ &= \left( \frac{1.55 \times 10^{-8}}{8880 \times 386} \right) \times \left( \frac{2.70 \times 10^5}{3.8 \times 10^{-5}} \right)^2 \times \frac{2 \times 7.0 \times 10^{-5} - 2.0 \times 10^{-6}}{3} \\ &\cong 10.5 \text{ [°C]} \end{aligned}$$

以上より、温度上昇は10.5°C程度と推定され、引下げ導線を使用する温度領域を考慮したとしても、引下げ導線部(銅)の融点(1084.5°C)に達することは考えられない。

なお、参考として、「内線規程」(JEAC8001)<sup>(3)</sup>において、断面積 $S$ の接地導線(銅線)に短時間電流が流れた場合の温度上昇式は、以下のとおり与えられている。

$$\Delta T' = 8.0 \times 10^{-15} \left(\frac{I}{S}\right)^2 t \quad (\text{ただし, } S \text{の単位はm}^2。)$$

この式において、電流は一定の値を想定していることから、上記の雷撃電流値と同じ電気総量となるような矩形波の電流変化を考える(第2図)。



第2図 雷撃電流波形と同じ電気総量となる電流値の波形

この場合における導線の温度上昇は $\Delta T' \cong 13.9$  [°C]であり、先述の値と大きな差異がなく、この場合においても引下げ導線部が融点に達しないと考えられる。

### 3. 参考文献

- (1) 電力中央研究所. 発変電所および地中送電線の耐雷設計ガイド, 電力中央研究所報告書, 1995
- (2) 日本機械学会. 伝熱工学資料 改定第5版, 丸善出版, 2009
- (3) 日本電気協会. 内線規程(JEAC8001), 2016

# 別 紙



## 外雷01【避雷設備の概要について】

別紙				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙1 落雷防護対象施設を収納する建屋の避雷設備の配置について				
別紙1-1	第1 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙1-2	分析建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙1-3	制御建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙2 屋外の落雷防護対象施設の避雷設備の配置について				
別紙2-1	主排気筒の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙2-2	前処理建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙2-3	分離建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙2-4	精製建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	

別紙				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
別紙2-5	高レベル廃液ガラス固化建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙3 落雷防護対象施設を覆う金属製の構築物の避雷設備の配置について				
別紙3-1	飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）の避雷設備の配置について	12/5	8	
別紙3-2	飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A）の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙4 使用済燃料収納キャスクを収納する建屋の避雷設備の配置について				
別紙4-1	使用済燃料輸送容器管理建屋の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	0	
別紙5 構内接地系の配置について				
別紙5-1	構内接地系の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
別紙6 主排気筒以外の高い構築物の避雷設備の配置について				
別紙6-1	北換気筒の避雷設備の配置について	<u>11/30</u>	<u>0</u>	

別紙				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
<u>別紙7 外部事象防護対象施設を収納する建屋の避雷設備の配置について</u>				
<u>別紙7-1</u>	<u>ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置について</u>	<u>11/30</u>	<u>0</u>	
<u>別紙8 ガラス固化体を収納する輸送容器を収納する建屋の避雷設備の配置について</u>				
<u>別紙8-1</u>	<u>ガラス固化体受入れ建屋の避雷設備の配置について</u>	<u>11/30</u>	<u>0</u>	

## 別紙 1

# 落雷防護対象施設を収納する建屋の 避雷設備の配置について

## 別紙 1 - 1

# 第1ガラス固化体貯蔵建屋の 避雷設備の配置について

## 目次

1. 第1 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置.....	1
-------------------------------	---

## 1. 第1 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置

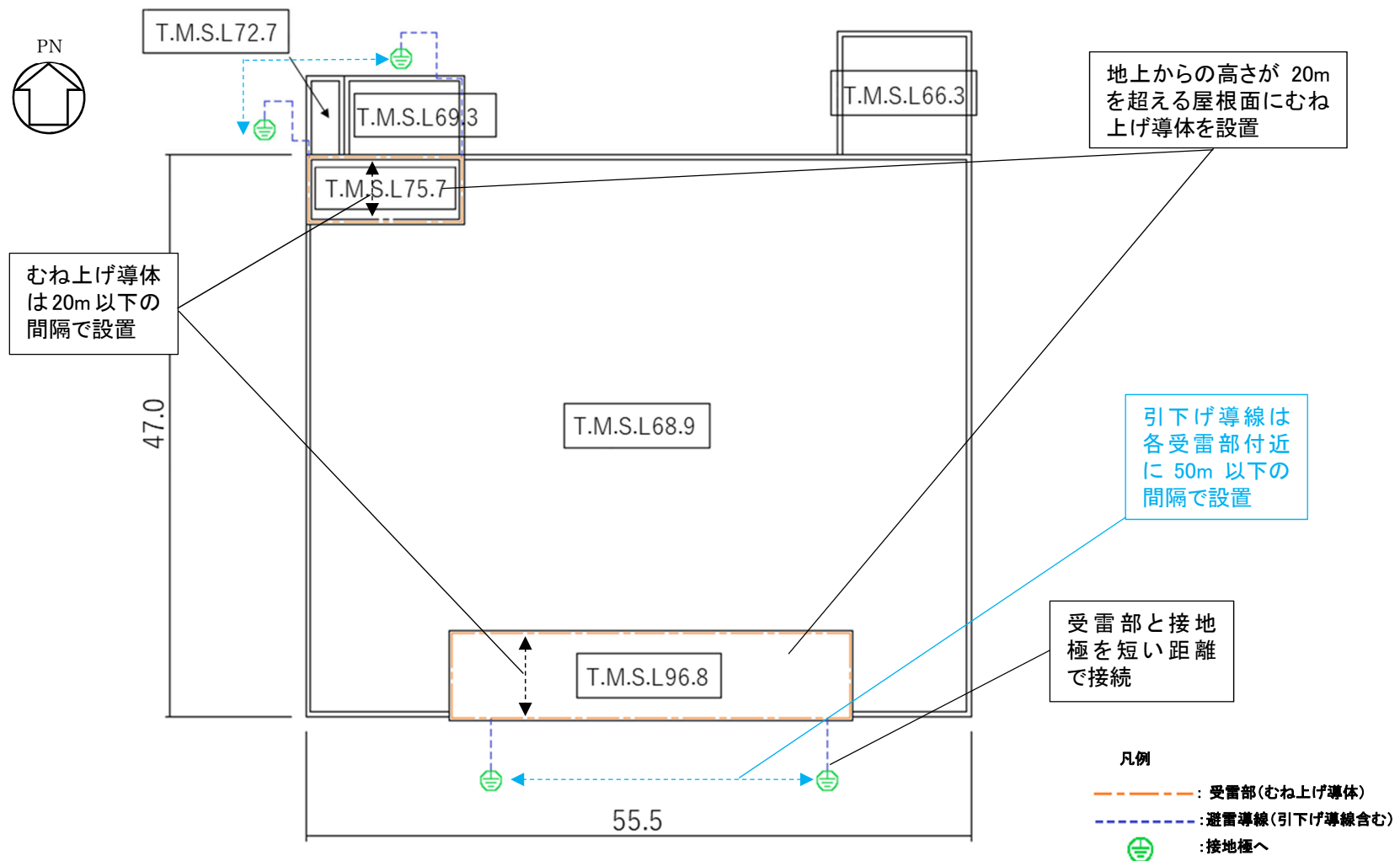
第1 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置図を第1 図及び第2 図に示す。

第1 ガラス固化体貯蔵建屋の受雷部は、地上からの高さが 20m を超える屋根面にむね上げ導体を設置する設計としている。むね上げ導体は、地上からの高さが 20m を超える屋根面の各点からの水平距離が 10m 以下（むね上げ導体の間隔が 20m 以下）となるように設計している。

引下げ導線は、各むね上げ導体付近の建屋の外周に設置しており、その間隔は 50m 以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

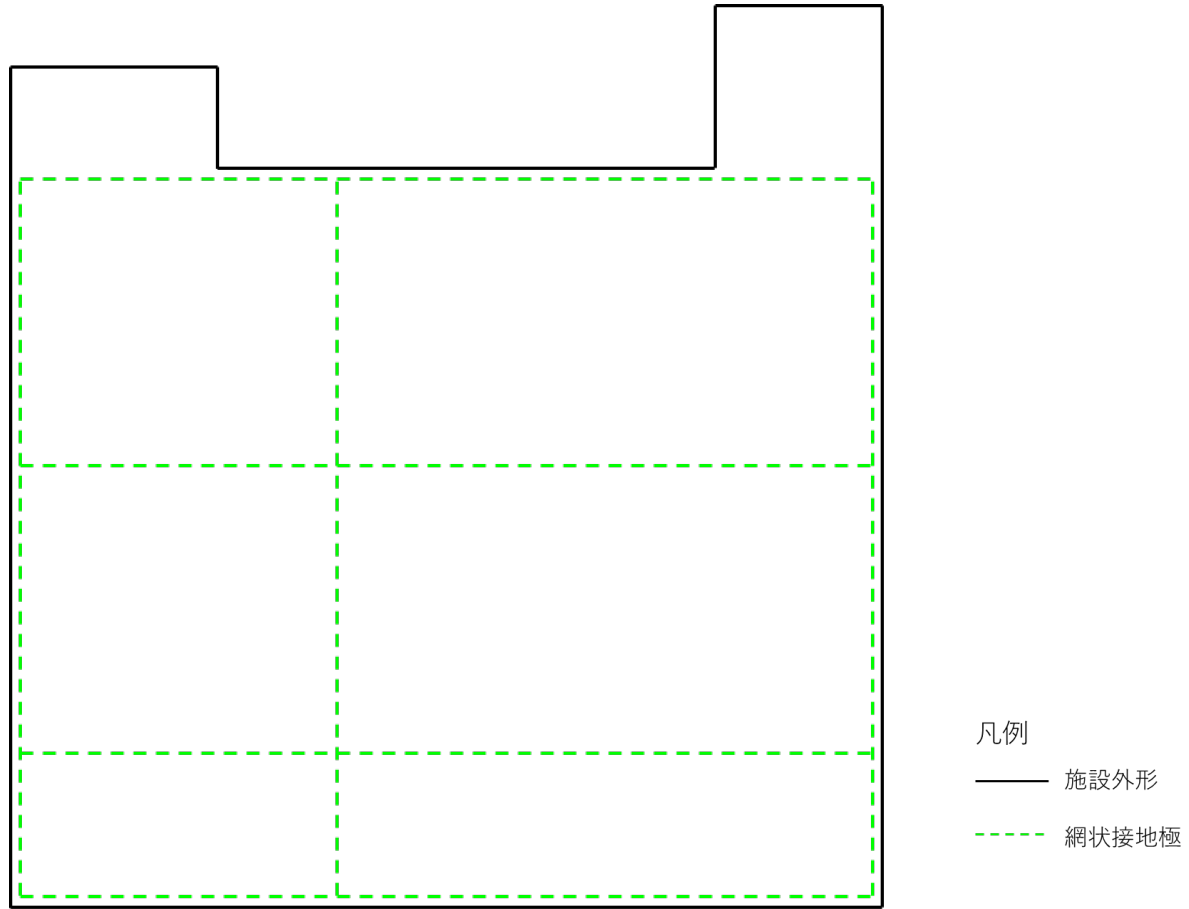
接地極としては、網状接地極を採用している。

以上



第1図 第1 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置図 (受雷部及び避雷導線) (単位: m)





第2図 第1 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置図（接地極）

別紙 1 - 2  
分析建屋の  
避雷設備の配置について

## 目次

1. 分析建屋の避雷設備の配置.....	1
----------------------	---

## 1. 分析建屋の避雷設備の配置

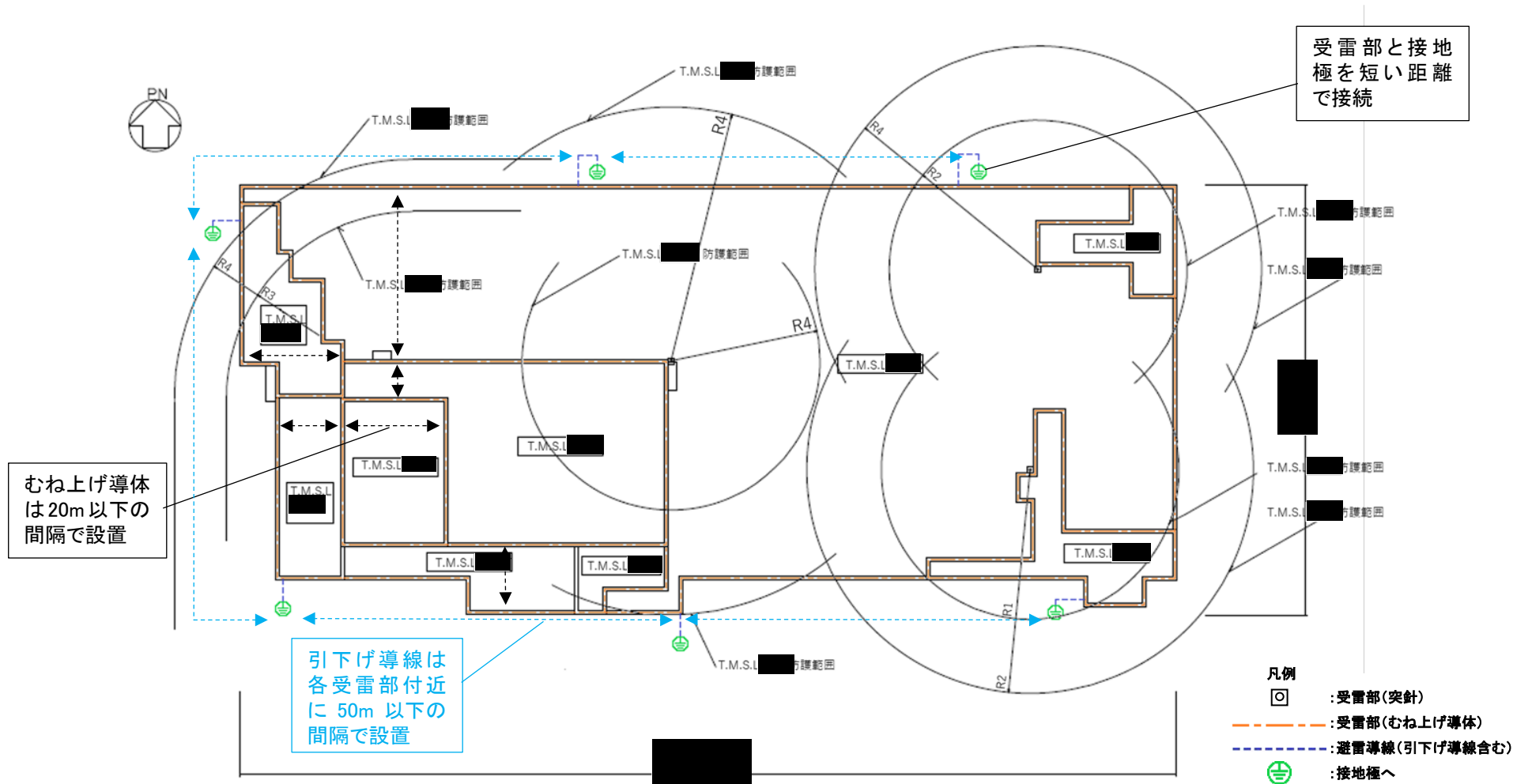
分析建屋の避雷設備の配置図を第1図及び第2図に示す。

分析建屋の避雷設備の受雷部は、突針及びむね上げ導体によって構成しており、突針とむね上げ導体を接続する設計としている。屋根面の各点は、突針の保護範囲に含まれるか又はむね上げ導体への水平距離が10m以下（むね上げ導体の間隔が20m以下）となるように設計している。

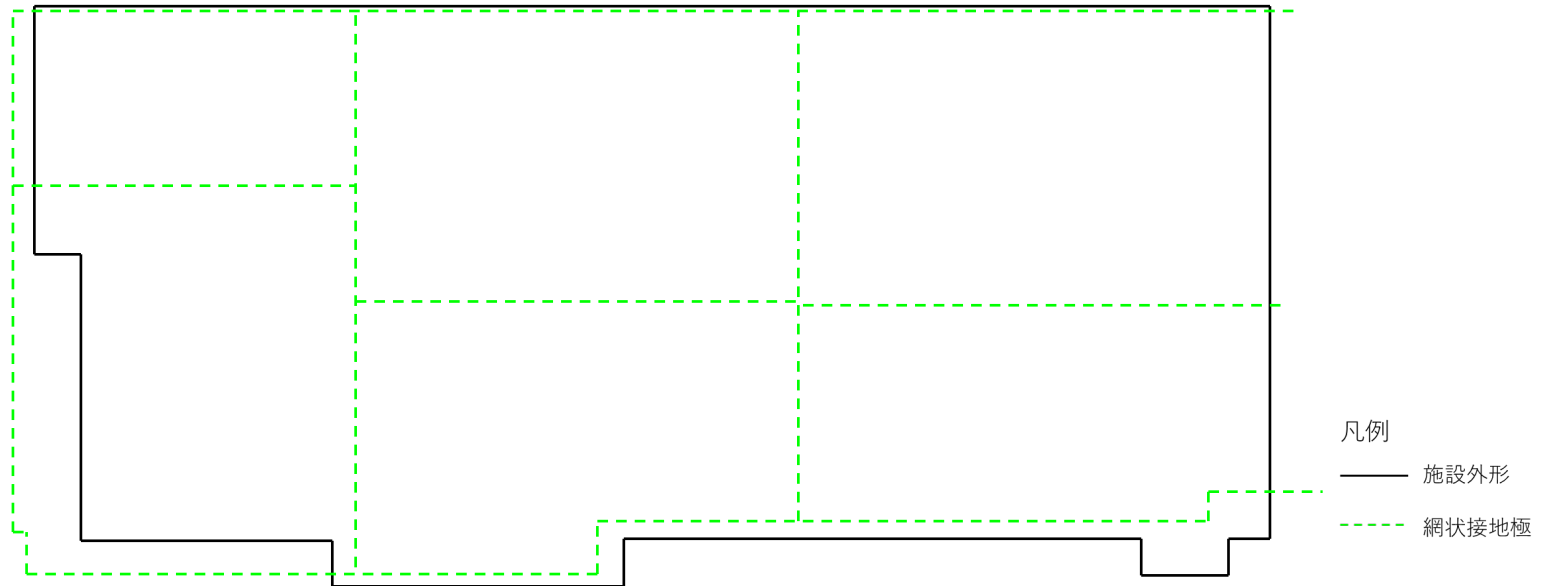
引下げ導線は、各むね上げ導体付近の建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、網状接地極を採用している。

以上



第1図 分析建屋の避雷設備の配置図（受雷部及び避雷導線）（単位：m）



第2図 分析建屋の避雷設備の配置図（接地極）

令和5年11月30日 R O

別紙 1 - 3  
制御建屋の  
避雷設備の配置について

## 目次

1. 制御建屋の避雷設備の配置.....	1
----------------------	---



## 1. 制御建屋の避雷設備の配置

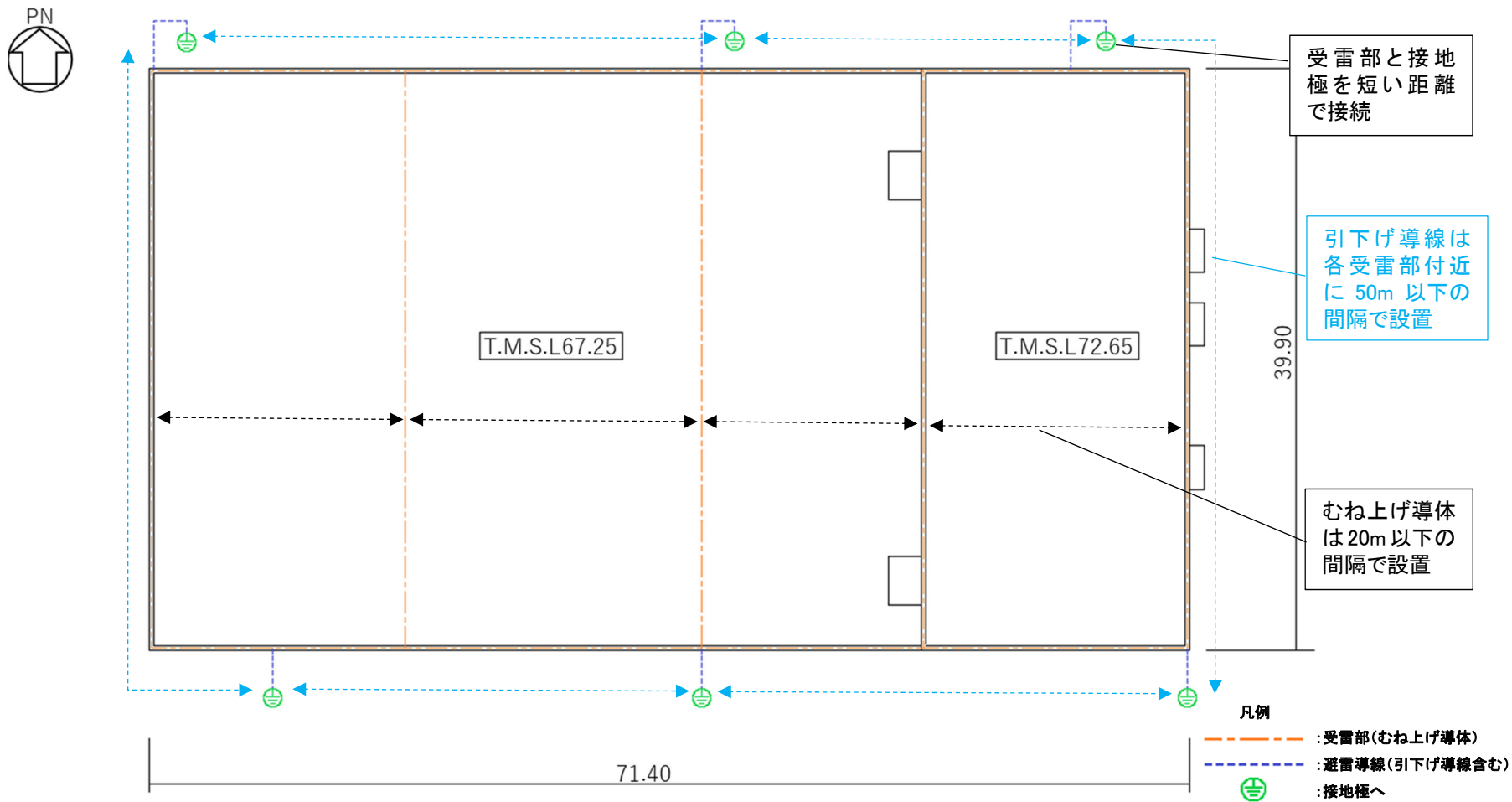
制御建屋の避雷設備の配置図を第1図及び第2図に示す。

制御建屋の避雷設備の受雷部は、むね上げ導体によって構成している。むね上げ導体は、建屋の屋根面の各点からの水平距離が10m以下（むね上げ導体の間隔が20m以下）となるように設計している。

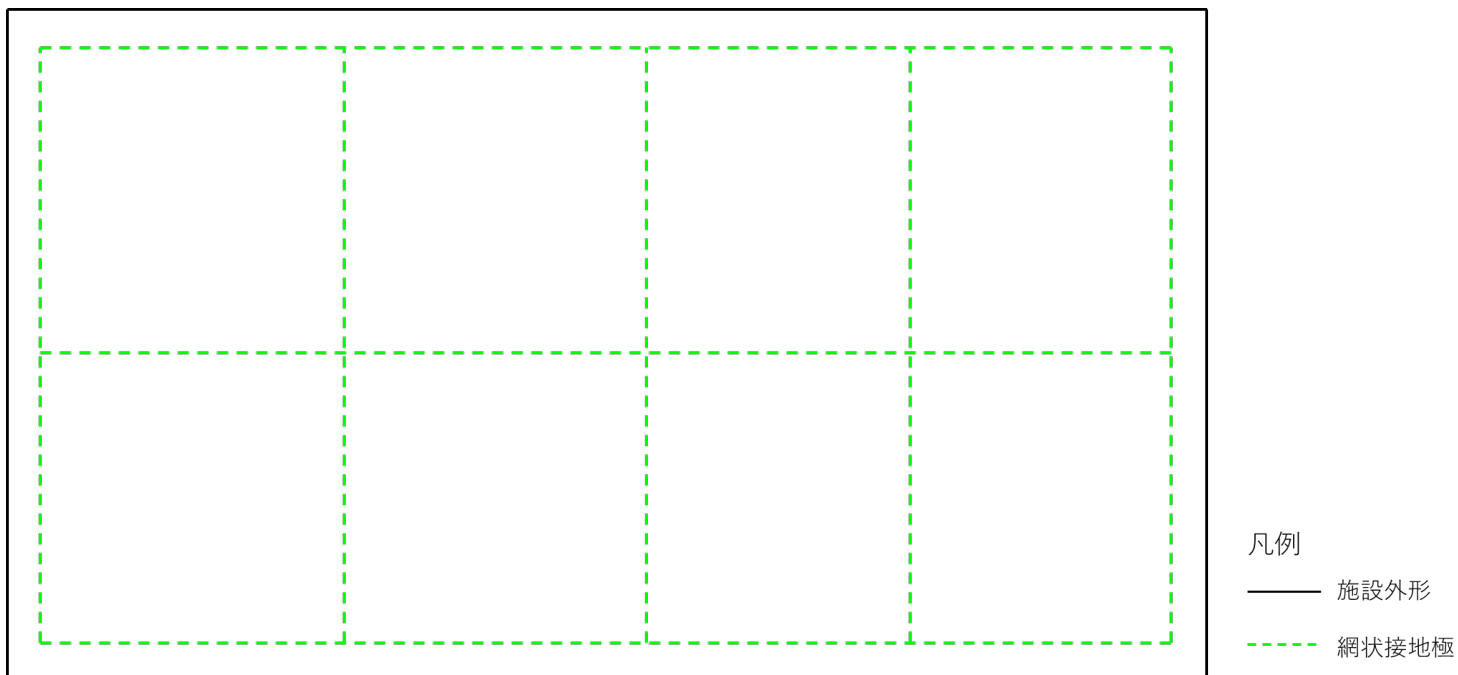
引下げ導線は、各むね上げ導体付近の建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、網状接地極を採用している。

以上



第1図 制御建屋の避雷設備の配置図（受雷部及び避雷導線）（単位：m）



第2図 制御建屋の避雷設備の配置図（接地極）

## 別紙 2

# 屋外の落雷防護対象施設の避雷設備 の配置について

令和5年11月30日 R0

## 別紙2-1

主排気筒の避雷設備の配置について

## 目次

1. 主排気筒の避雷設備の配置.....	1
----------------------	---

## 1. 主排気筒の避雷設備の配置

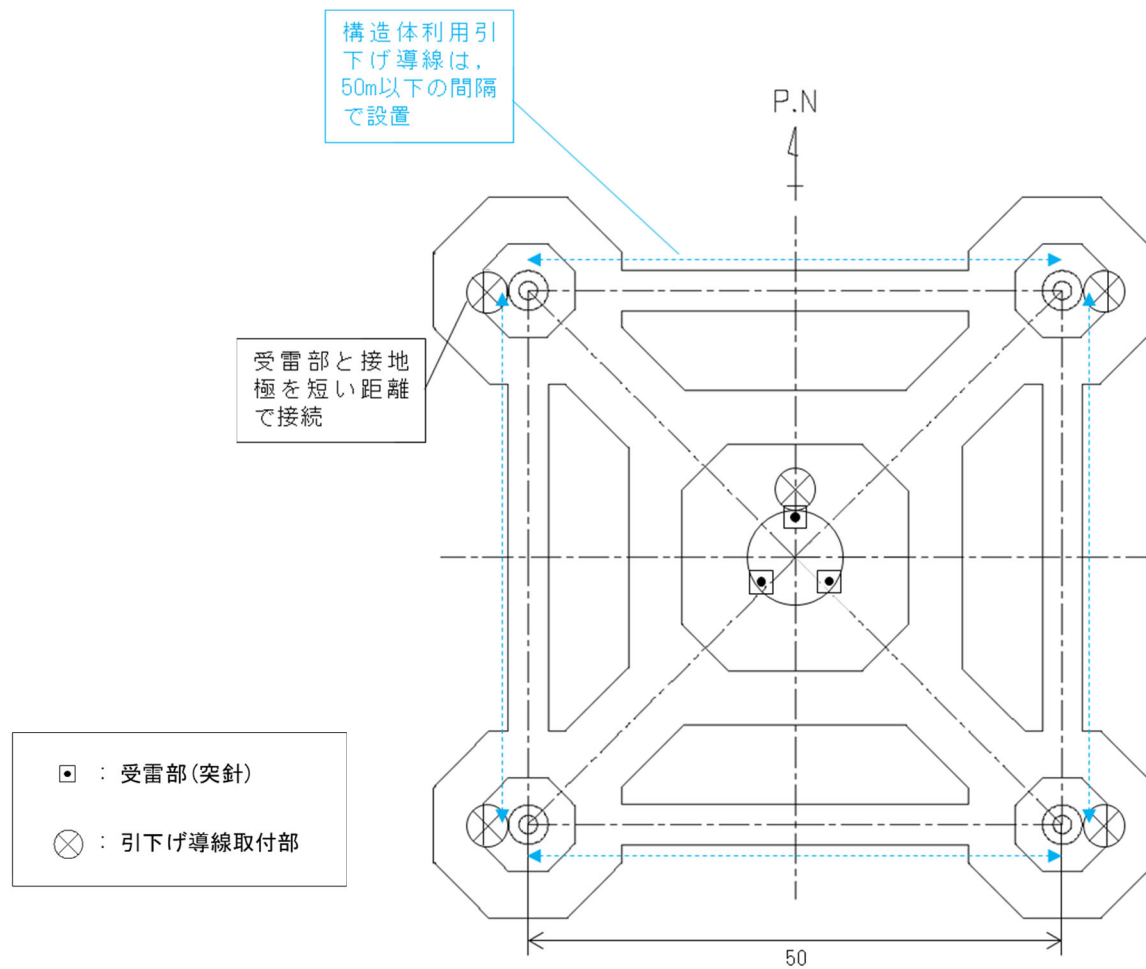
主排気筒の避雷設備の配置概略図を第1図及び第2図に示す。

主排気筒の避雷設備の受雷部は、複数の突針から構成し、突針は主排気筒の筒身（金属製の構造体）に接続する設計としている。主排気筒の筒身及び支持架構は、構造体利用引下げ導線とする設計としており、地上付近にて引下げ導線に接続している。

地上付近で主排気筒の筒身及び支持架構から引き出された引下げ導線は、主排気筒の外周に間隔が50m以下となるように設置し、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、網状接地極を採用している。

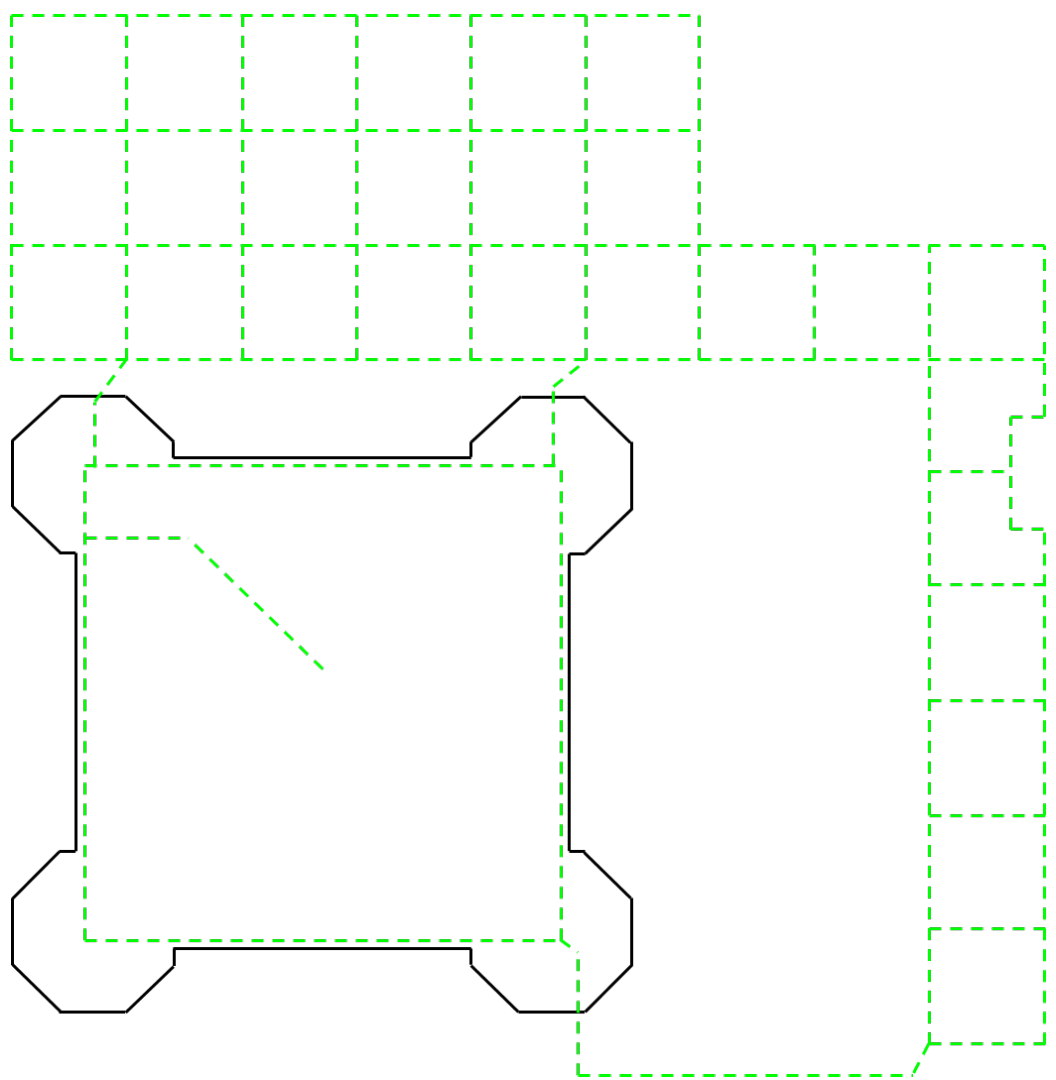
以上



第1図 主排気筒の避雷設備の配置図（受雷部及び避雷導線）（単位：m）



- 凡例
- 施設外形
  - - - 網状接地極



第2図 主排気筒の避雷設備の配置図（接地極）

別紙 2 - 2  
前処理建屋の  
避雷設備の配置について

目次

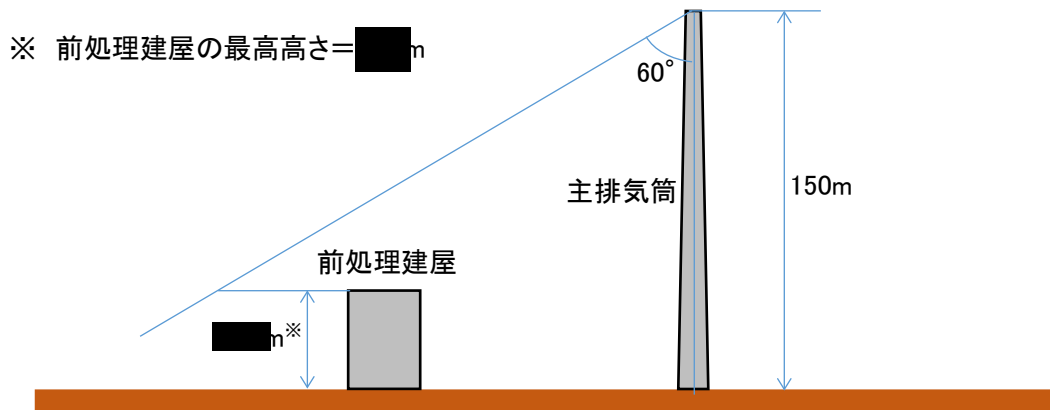
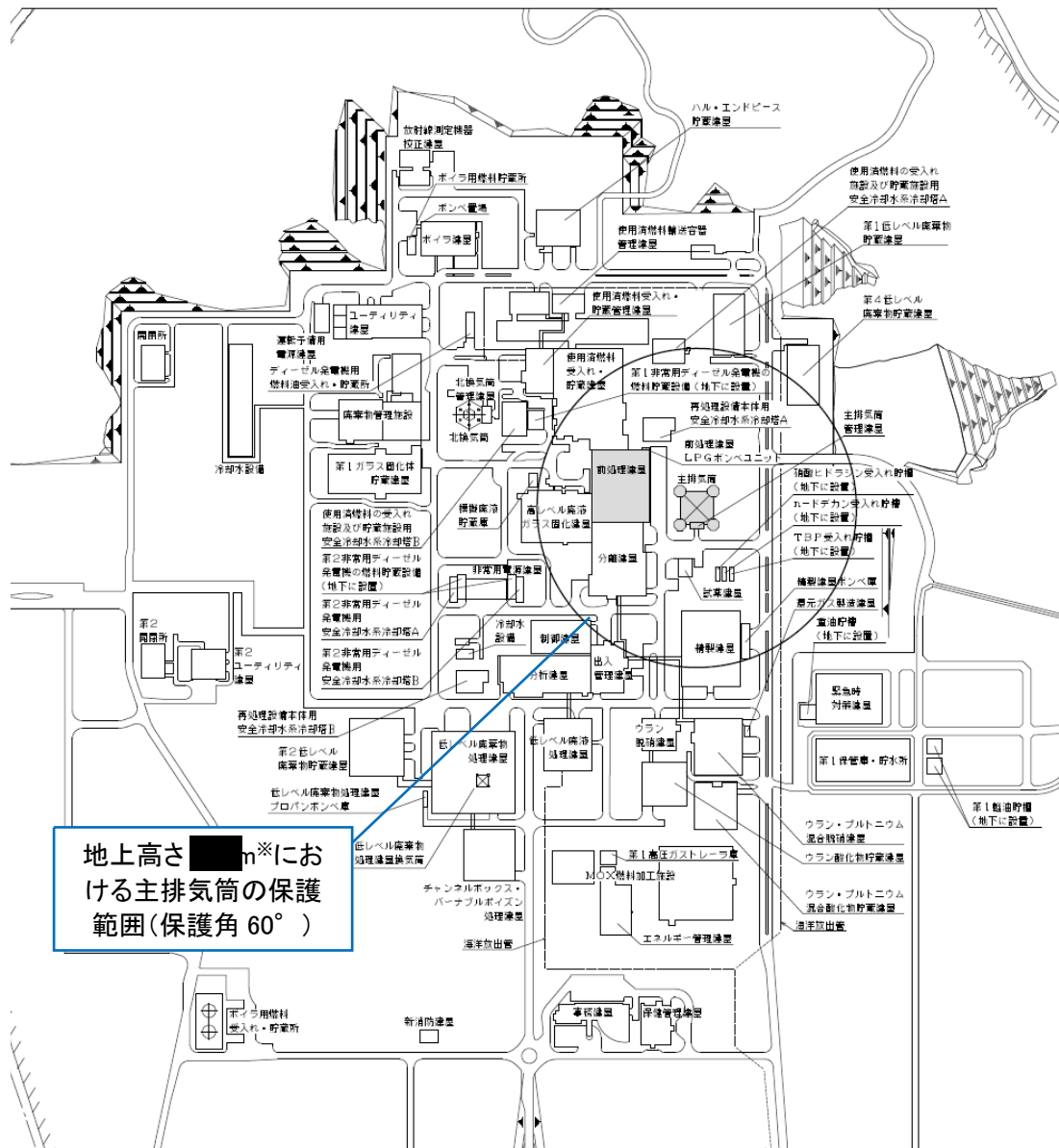
1. 前処理建屋の避雷設備について .....2

1. 前処理建屋の避雷設備について

前処理建屋は、主排気筒の直近に設置されている。前処理建屋は危険物取扱所には該当しないことから、主排気筒の保護範囲（保護角  $60^{\circ}$ ）を考慮し、建屋全体を主排気筒の避雷設備によって保護する設計としている。

前処理建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲の概略を第1図に示す。

以上



第1図 前処理建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲の概略図

令和5年11月30日 R0

別紙 2 - 3  
分離建屋の  
避雷設備の配置について

## 目次

1. 分離建屋の避雷設備の配置.....	1
----------------------	---

## 1. 分離建屋の避雷設備の配置

分離建屋は、主排気筒の直近に設置されている。分離建屋は危険物取扱所に該当することから、主排気筒の保護範囲（保護角  $45^\circ$ ）を考慮し、分離建屋の北東部分を主排気筒の避雷設備によって保護する設計としている。

分離建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲の概略を第1図に示す。

また、分離建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲を踏まえた分離建屋の避雷設備の配置図を第2図及び第3図に示す。

分離建屋のうち主排気筒の保護範囲に含まれない部分には避雷設備を設ける設計としている。

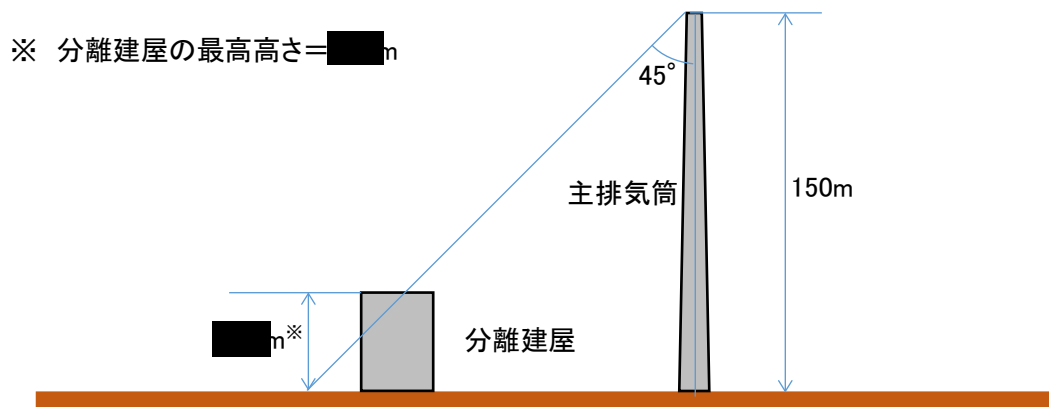
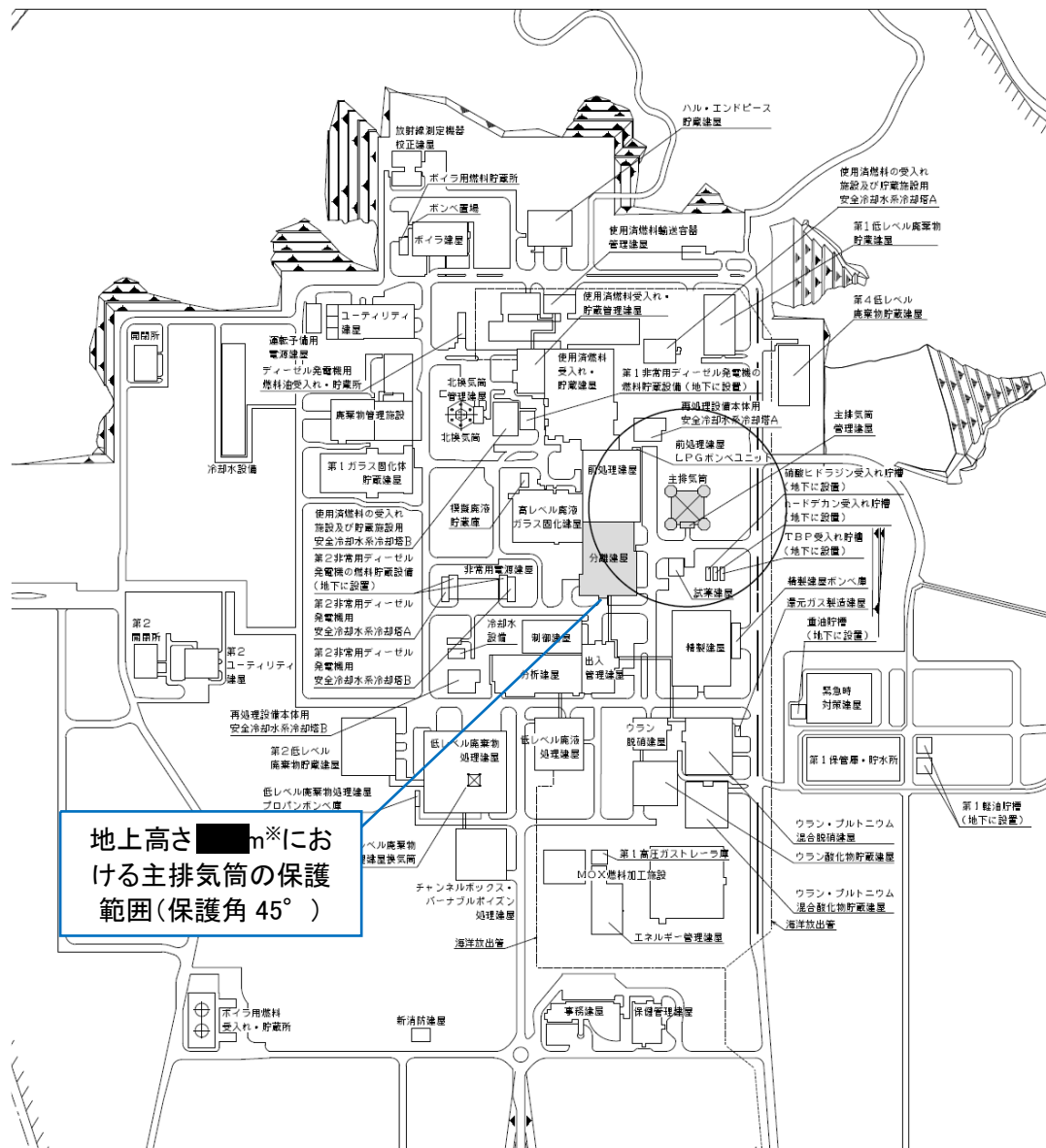
分離建屋の避雷設備の受雷部は、複数の突針から構成し、突針を互いに接続する設計としている。

引下げ導線は、建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

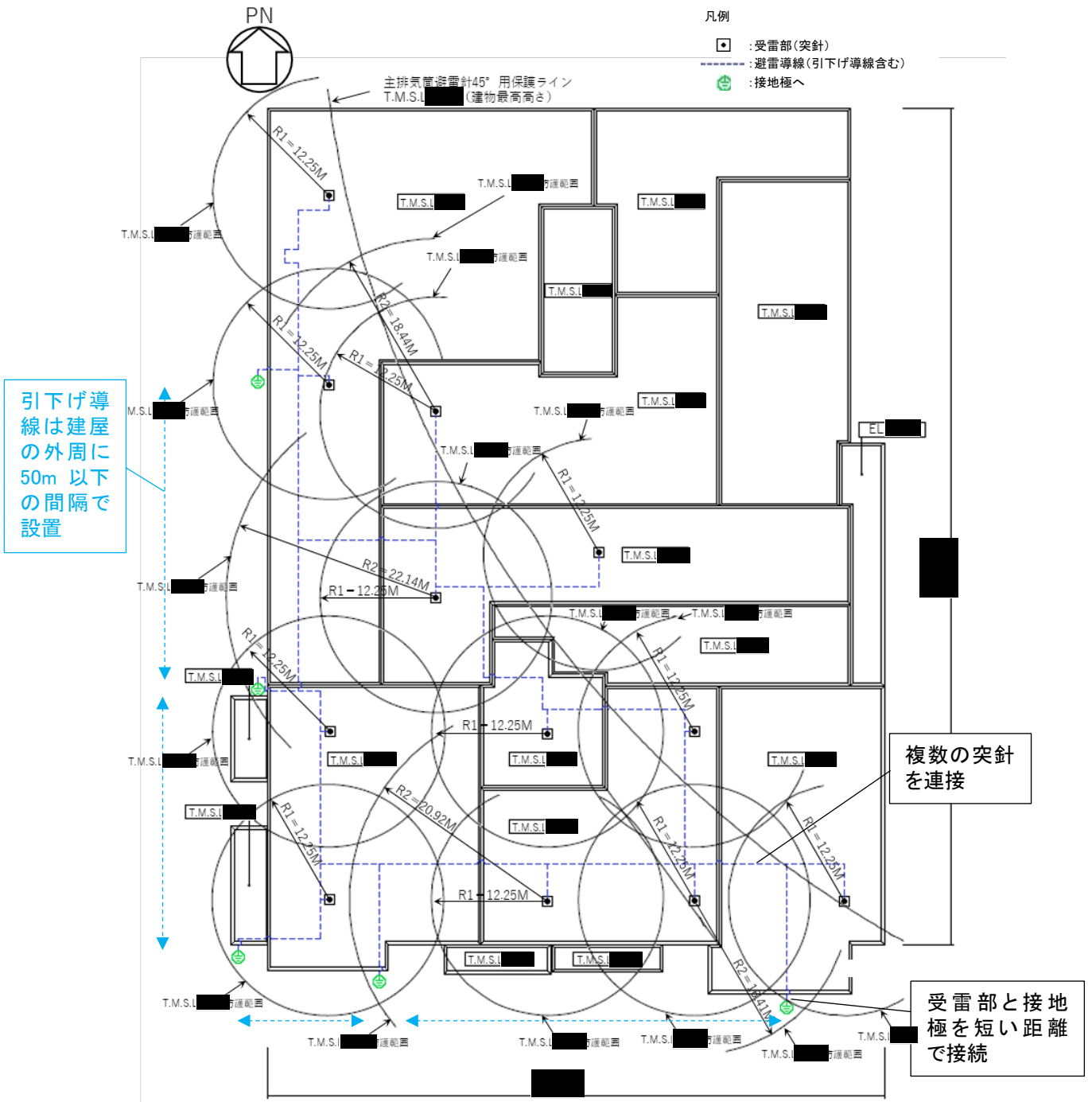
接地極としては、網状接地極を採用している。

以上

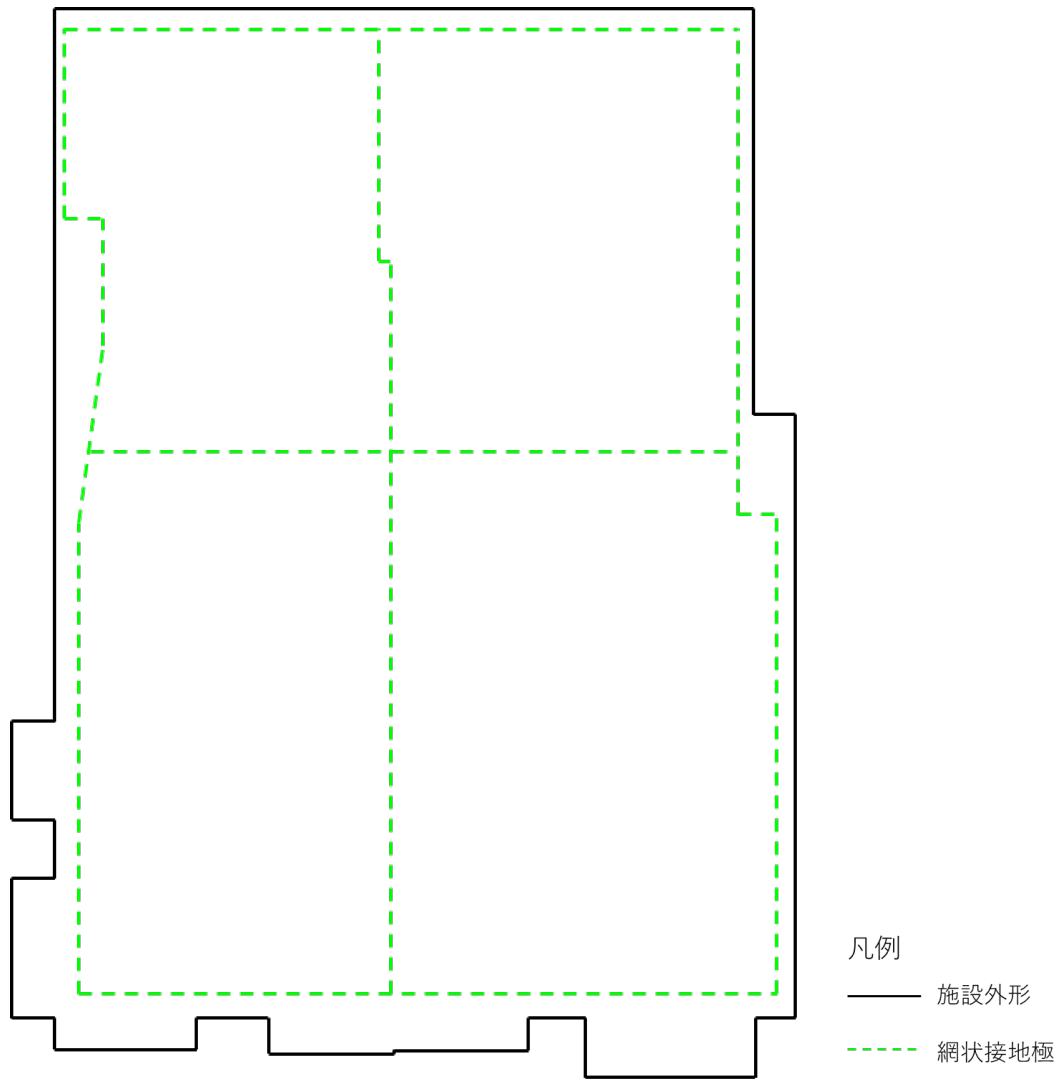




第1図 分離建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲の概略図



第2図 分離建屋の避雷設備の配置図 (受雷部及び引下げ導線) (単位: m)



第3図 分離建屋の避雷設備の配置図（接地極）

令和5年11月30日 R O

別紙 2 - 4  
精製建屋の  
避雷設備の配置について

## 目次

1. 精製建屋の避雷設備の配置.....	1
----------------------	---

#### 1. 精製建屋の避雷設備の配置

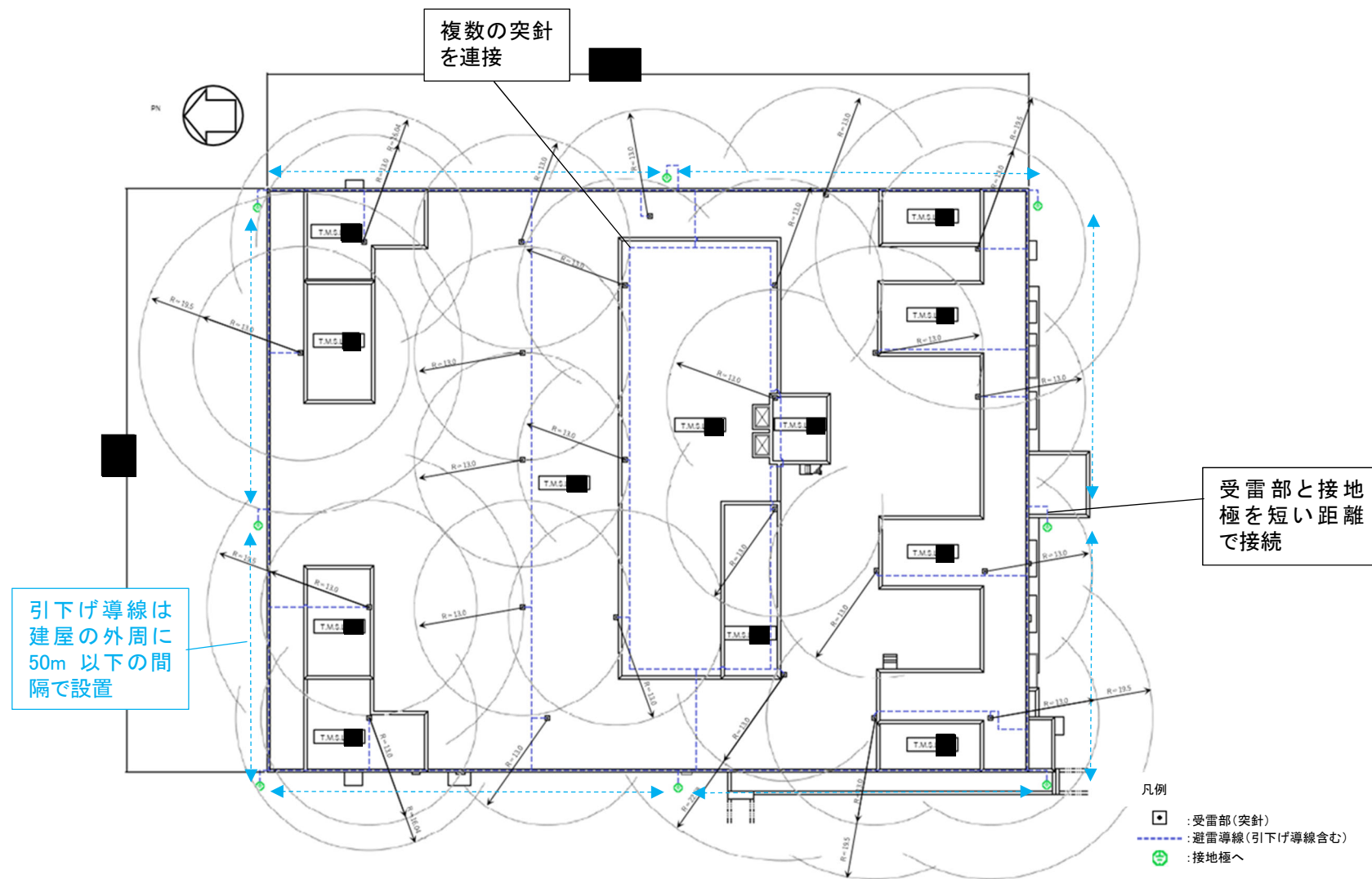
精製建屋の避雷設備の配置概略図を第1図及び第2図に示す。

精製建屋の避雷設備の受雷部は、複数の突針から構成し、突針をたがいに接続する設計としている。

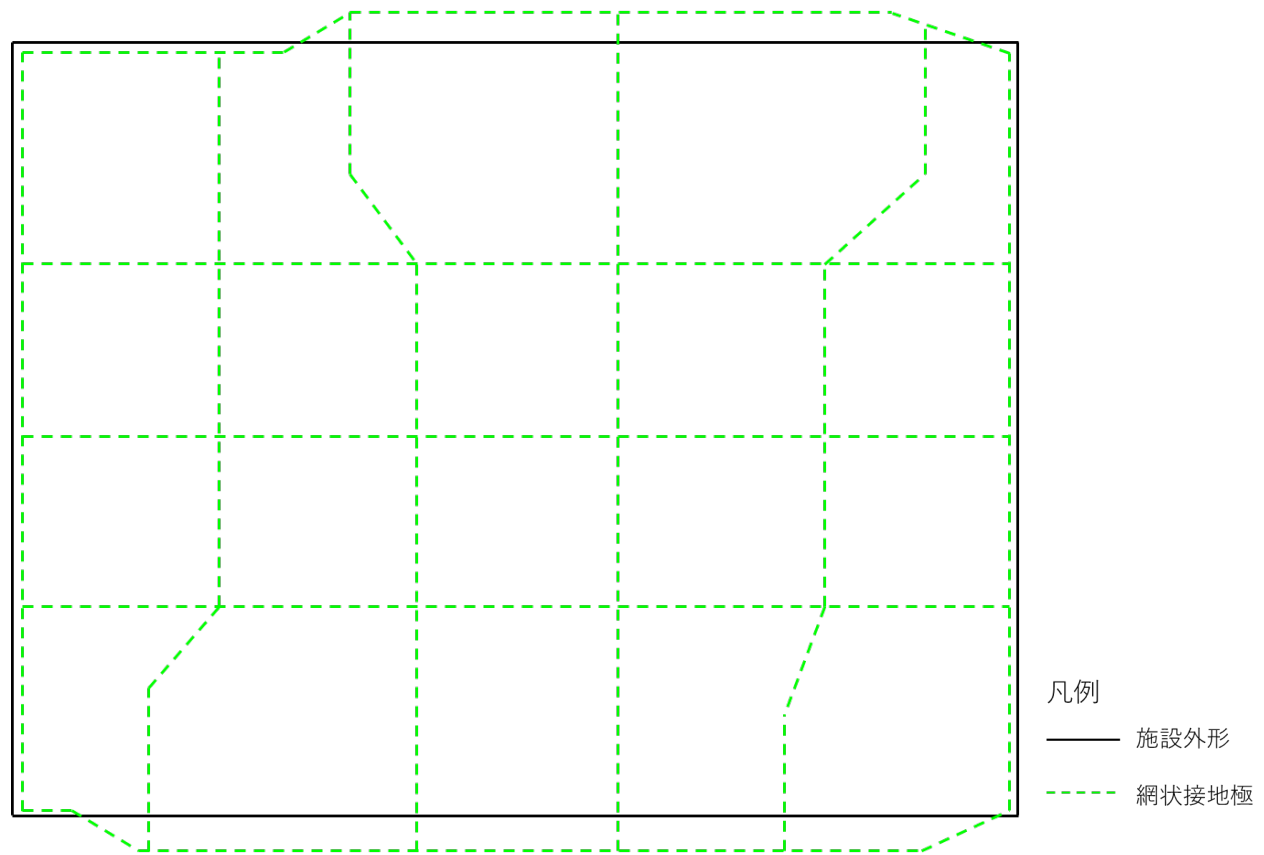
引下げ導線は、建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、網状接地極を採用している。

以上



第1図 精製建屋の避雷設備の配置図（受雷部及び引下げ導線）（単位：m）



第2図 精製建屋の避雷設備の配置図（接地極）



## 別紙2-5

# 高レベル廃液ガラス固化建屋の 避雷設備の配置について

## 目次

1. 高レベル廃液ガラス固化建屋の避雷設備の配置 .....	1
--------------------------------	---

## 1. 高レベル廃液ガラス固化建屋の避雷設備の配置

高レベル廃液ガラス固化建屋は、主排気筒の直近に設置されている。高レベル廃液ガラス固化建屋は危険物取扱所に該当しないことから、主排気筒の保護範囲（保護角  $60^\circ$ ）を考慮し、高レベル廃液ガラス固化建屋の東部分を主排気筒の避雷設備によって保護する設計としている。

高レベル廃液ガラス固化建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲の概略を第1図に示す。

また、高レベル廃液ガラス固化建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲を踏まえた高レベル廃液ガラス固化建屋の避雷設備の配置図を第2図及び第3図に示す。

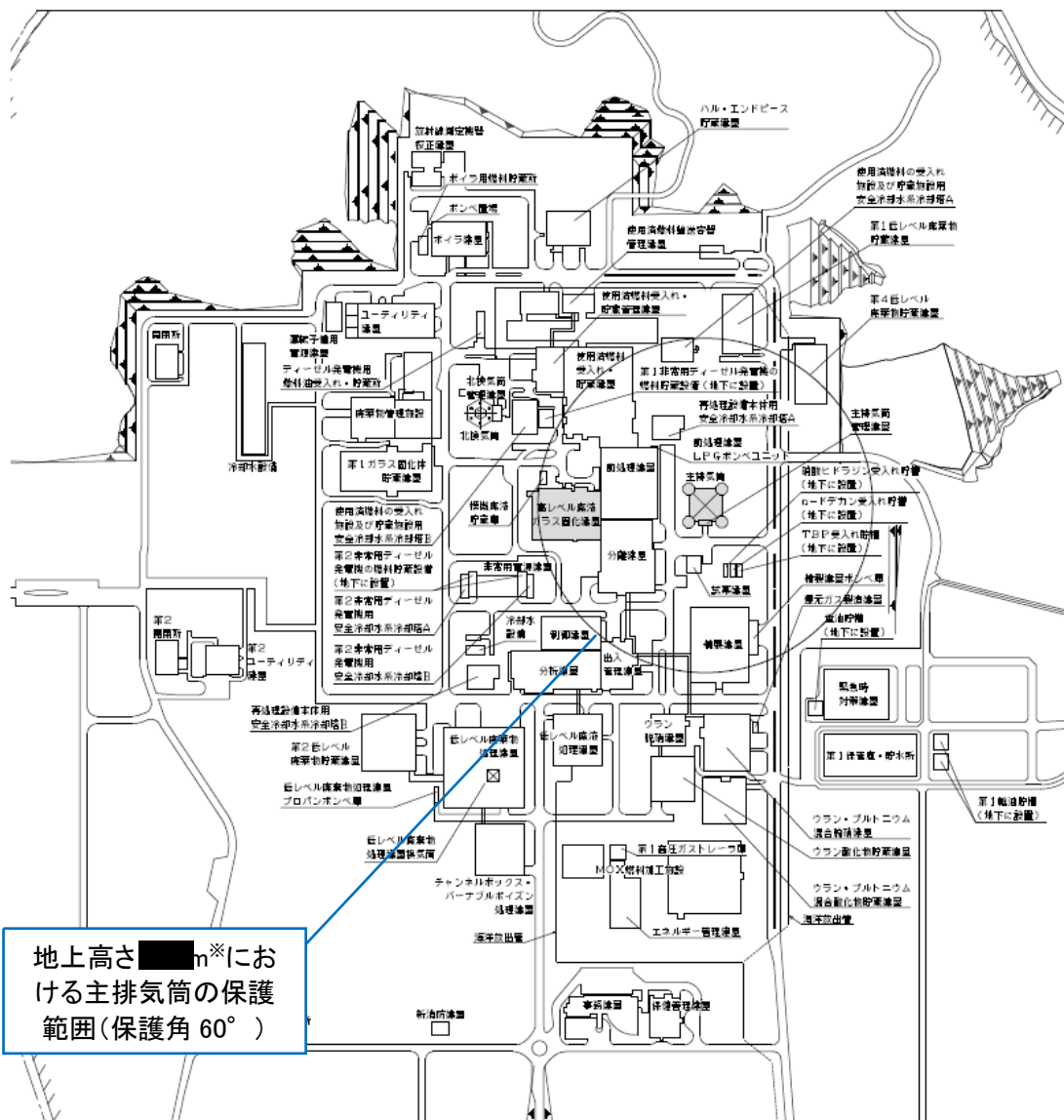
高レベル廃液ガラス固化建屋のうち主排気筒の保護範囲に含まれない部分には避雷設備を設ける設計としている。

高レベル廃液ガラス固化建屋の避雷設備の受雷部は、地上からの高さが20mを超える屋根面にむね上げ導体を設置する設計としている。むね上げ導体は、地上からの高さが20mを超える屋根面の各点からの水平距離が10m以下（むね上げ導体の間隔が20m以下）となるように設計している。

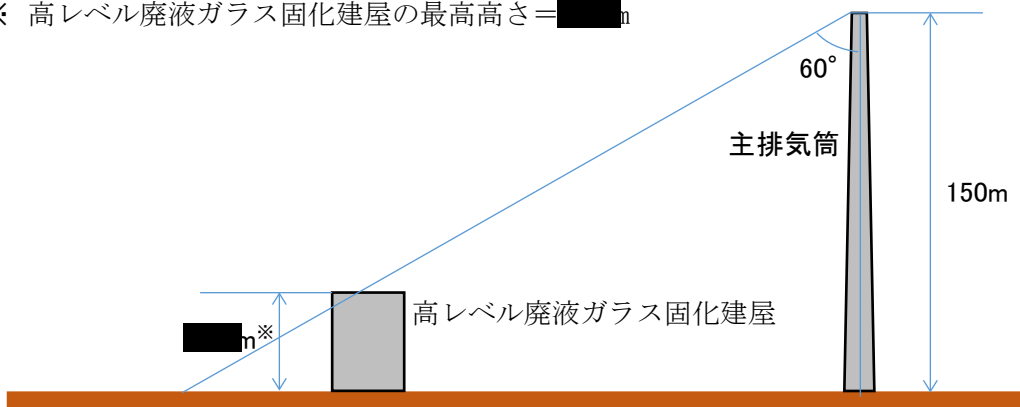
引下げ導線は、各むね上げ導体付近の建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、網状接地極を採用している。

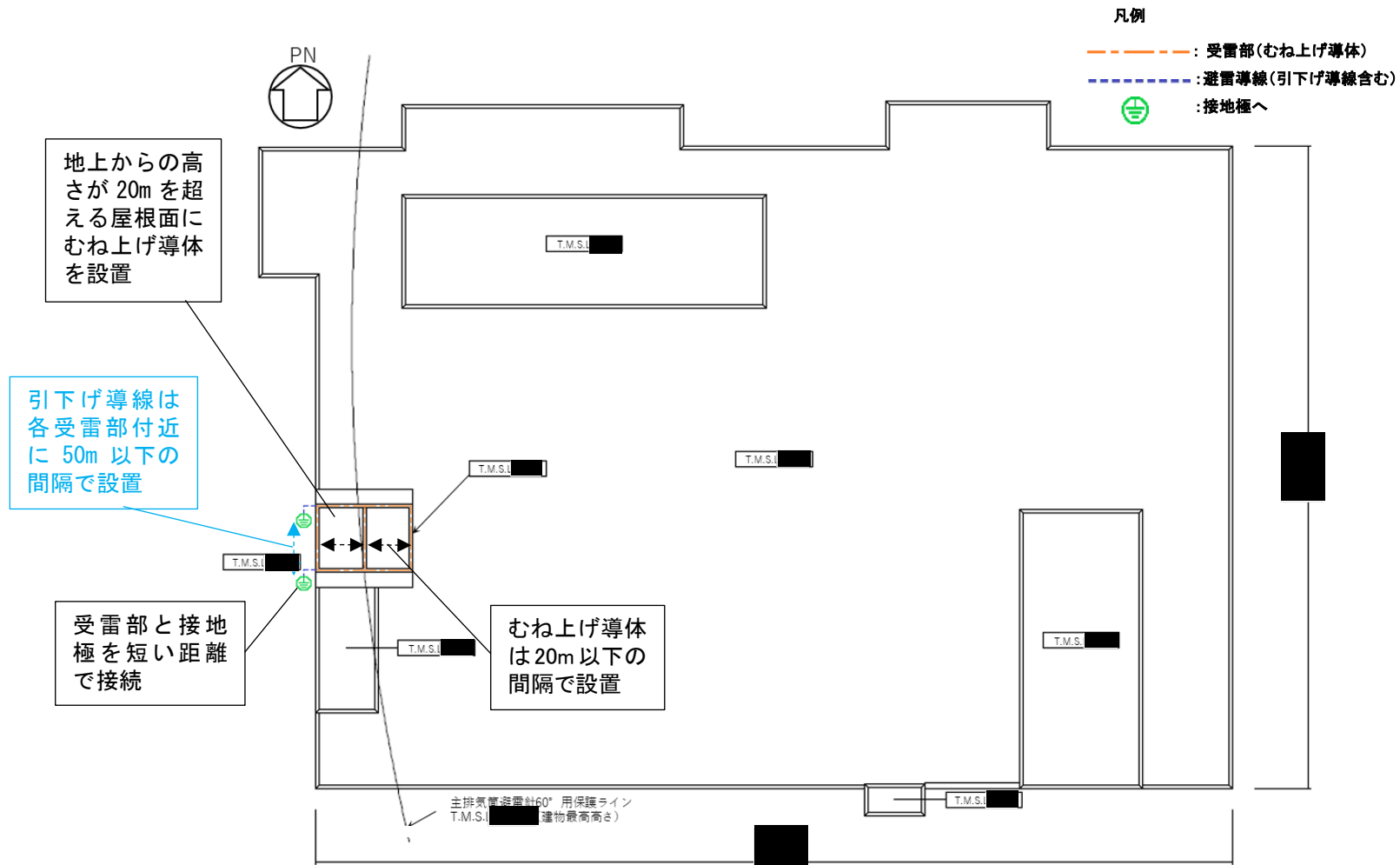
以上



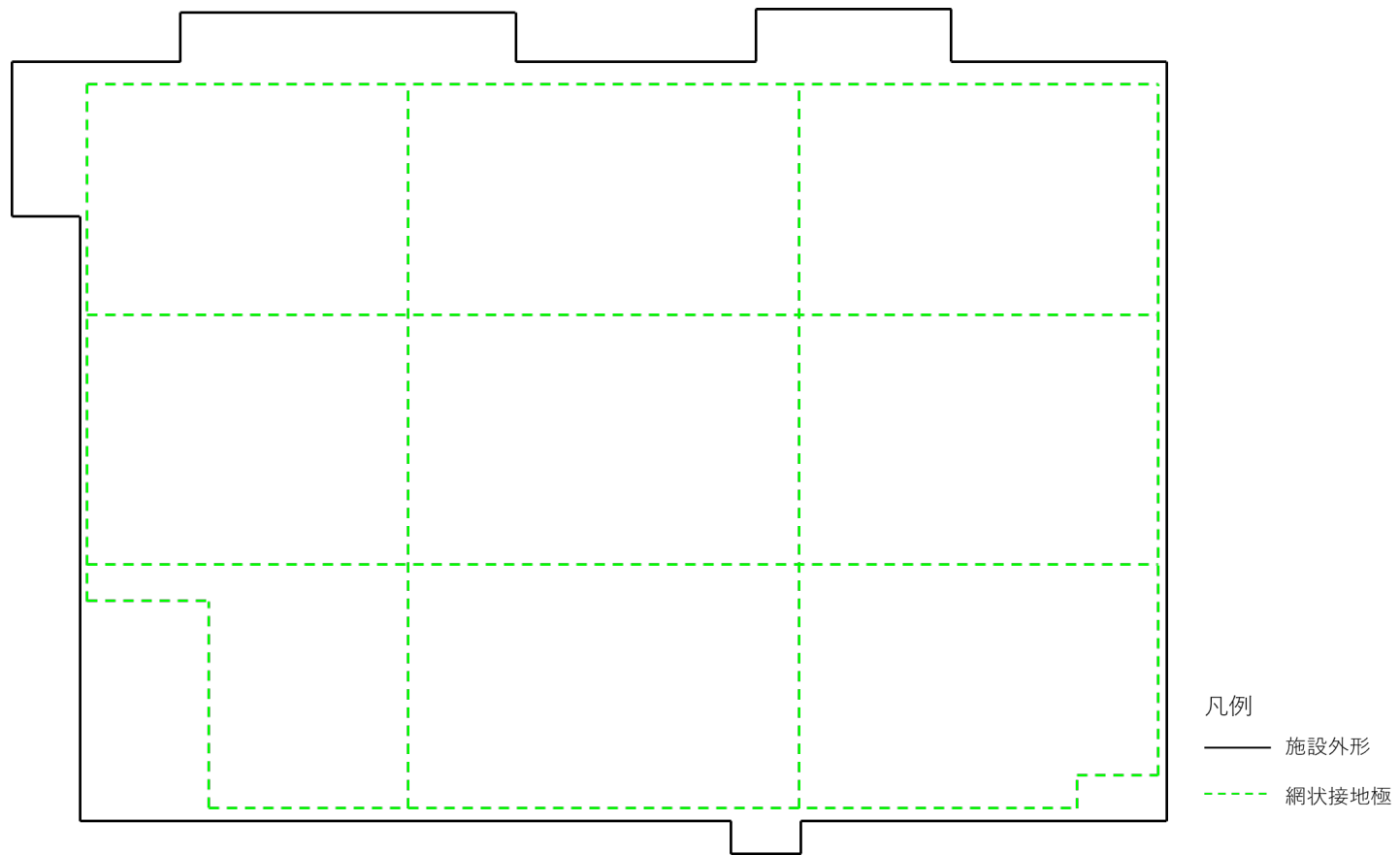
※ 高レベル廃液ガラス固化建屋の最高高さ = [ ] m



第1図 高レベル廃液ガラス固化建屋と主排気筒の位置関係及び主排気筒の保護範囲の概略図



第 1 図 高レベル廃液ガラス固化建屋の避雷設備の配置図 (受雷部及び避雷導線) (単位 : m)



第2図 高レベル廃液ガラス固化建屋の避雷設備の配置図（接地極）

## 別紙 3

落雷防護対象施設を覆う構築物の  
避雷設備の配置について

## 別紙3－1

飛来物防護ネット（再処理設備本体  
用 安全冷却水系冷却塔B）の避雷  
設備の配置について



## 目次

1. 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の避雷設備の配置....1
2. 最新の規格（JEAG4608-2020）への適合状況について .....1

## 1. 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の避雷設備の配置

飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の避雷設備の全体概要を第1図に、飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の避雷設備の配置図（受雷部，引下げ導線及び接地極）を第2図に、飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の避雷設備の配置図（網状接地極）を第3図に示す。

飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）は安全冷却水 B 冷却塔を覆う構造であり，かつ金属製の架構等で構成されることから，本文 3.3（1） a. に示す通り雷保護レベル I に準拠したものとし，本文 3.3（1） b. に示す通り，2003 年版 JIS に準拠した「構造体利用」構成部材」としてとらえて避雷設備を設置する。

飛来物防護ネットの架構の天面は，受雷部の役割を果たすように 4～7m の間隔（中心間距離）で架構が組み立てられており，架構を構成する鋼材の幅を考慮すると，架構間の短辺の間隔は 5m 以下（最大 4.75m）となっている（第2図参照）。2003 年版 JIS の解説によると，「メッシュ導体は受雷効果を主目的とするものであることから，メッシュの形状は必ずしも網状を構成する必要はなく，平行導体を構成すれば保護効果は同等である。」とされている。したがって，架構間の長辺が 5m を超えていても，短辺が 5m 以下となっていれば，メッシュ法幅 5m 以下の平行導体とみなすことができ，飛来物防護ネットの架構の天面は，これに合致している。さらに，架構にはブレース材が設置され，架構間には鋼製のネットがワイヤーロープで取り付けられるか，鋼製の防護板がボルト締めで取り付けられており，架構との導通が保たれるように設置されている。受雷部を構成する架構の断面積は  $21,870 \text{ mm}^2$ ，ブレース材の断面積は  $2,635 \text{ mm}^2$ ，鋼製のネットの線径は 4 mm，鋼製の防護板の厚さは 9 mm である。

飛来物防護ネットの架構の柱は 5～7m（中心間距離）の間隔で設置されるとともに，架構の柱には引下げ導線を平均間隔 6～8m となるように取り付け，地中に埋設する接地極に接続している（第2図参照）。架構の柱の断面積は  $50,170 \text{ mm}^2$ ，柱に取り付けられる引下げ導線の断面積は  $60 \text{ mm}^2$  としている。

接地極としては網状接地極を採用しており，その材料としては断面積  $250 \text{ mm}^2$  の銅線を用いている。

## 2. 最新の規格（JEAG4608-2020）への適合状況について

落雷防護対象施設等は，「原子力発電所の耐雷指針」（JEAG4608-2007），「建築基準法」及び「消防法」に基づき，日本産業規格に準拠した避雷設備を設置する設計とするとしている。一方，JEAG4608-2007 はその後改訂され，JEAG4608-2020 として発行されており，その中において，「原子炉施設の安全に直接係る機器及び回路，並びに重大事故等対処設備を収納する建築物の雷保護レベルを I とし，それ以外の建築物（危険物施設を除く）については雷保護レベルを IV とすること」が明確にされた。したがって，ここでは雷保護レベル I の設計要件と実設計を比較することにより，飛来物防護ネット（再処理設備本体用

安全冷却水系冷却塔 B) の避雷設備の設計が雷保護レベル I 相当になっていることを確認する。

雷保護レベル I の設計要件と実際の設計の比較を第 1 表に示す。

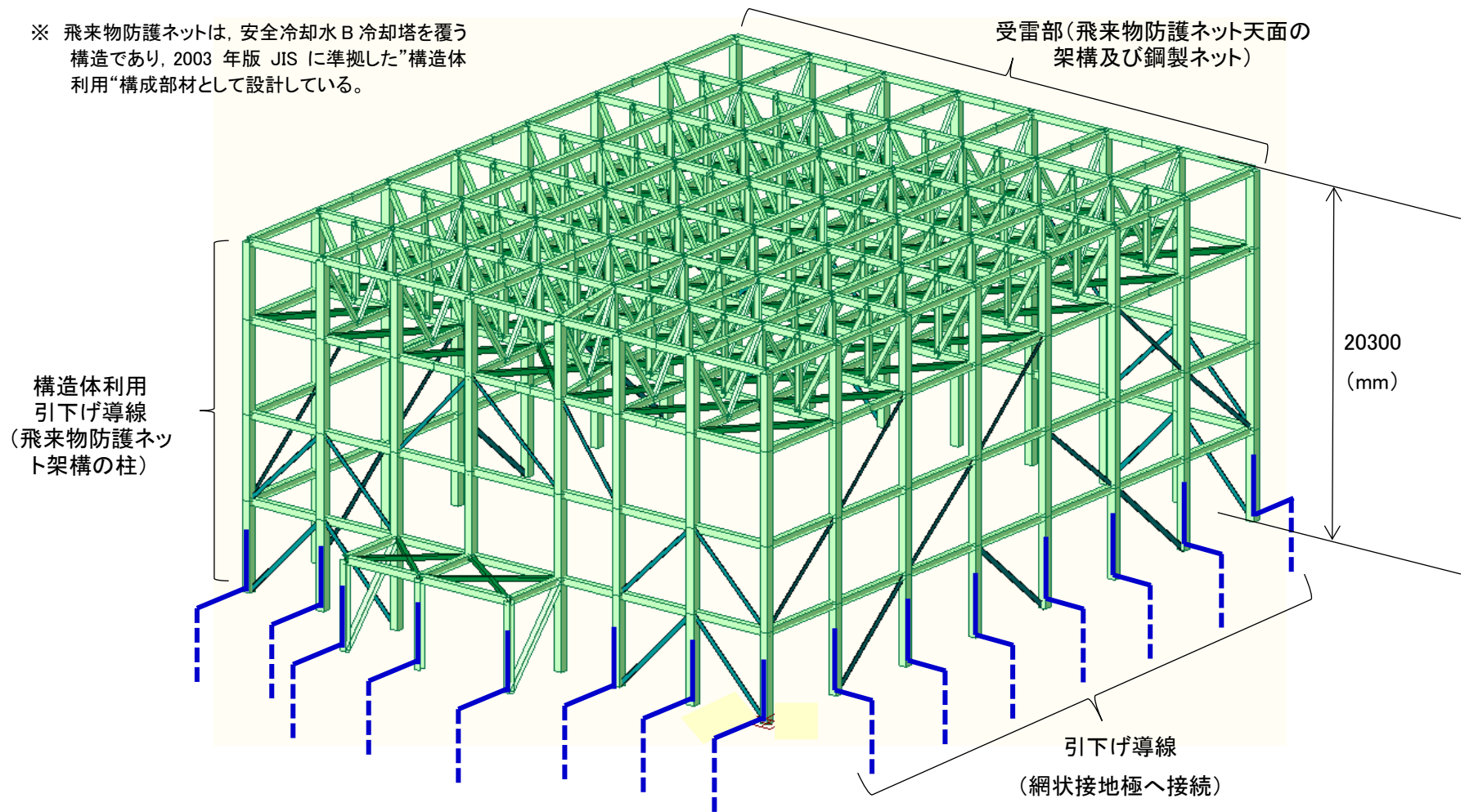
第 1 表 雷保護レベル I における避雷設備の設計要件と実設計の比較

項目		保護レベル I の設計要件	実設計
受雷部におけるメッシュ法幅(m)		5 以下	4.75 (短辺最大値) 架構間に鋼製ネット 及び鋼製防護版を設置
引下げ導線の平均間隔(m)		10 以下	6~8
材料・寸法	受雷部断面積(mm <sup>2</sup> )	銅：35 以上 鉄：50 以上	21,870 (鉄, 架構天面) 2,635 (鉄, ブレース)
	受雷部厚さ (mm)	銅：5 以上 鉄：4 以上	4 (鉄, ネット線径) 9 (鉄, 防護版厚さ)
	引下げ導線断面積 (mm <sup>2</sup> )	銅：16 以上 鉄：50 以上	60 (銅, 引下げ導線) 50,170 (鉄, 架構柱)
	接地極断面積(mm <sup>2</sup> )	銅：50 以上 鉄：80 以上	250 (銅)

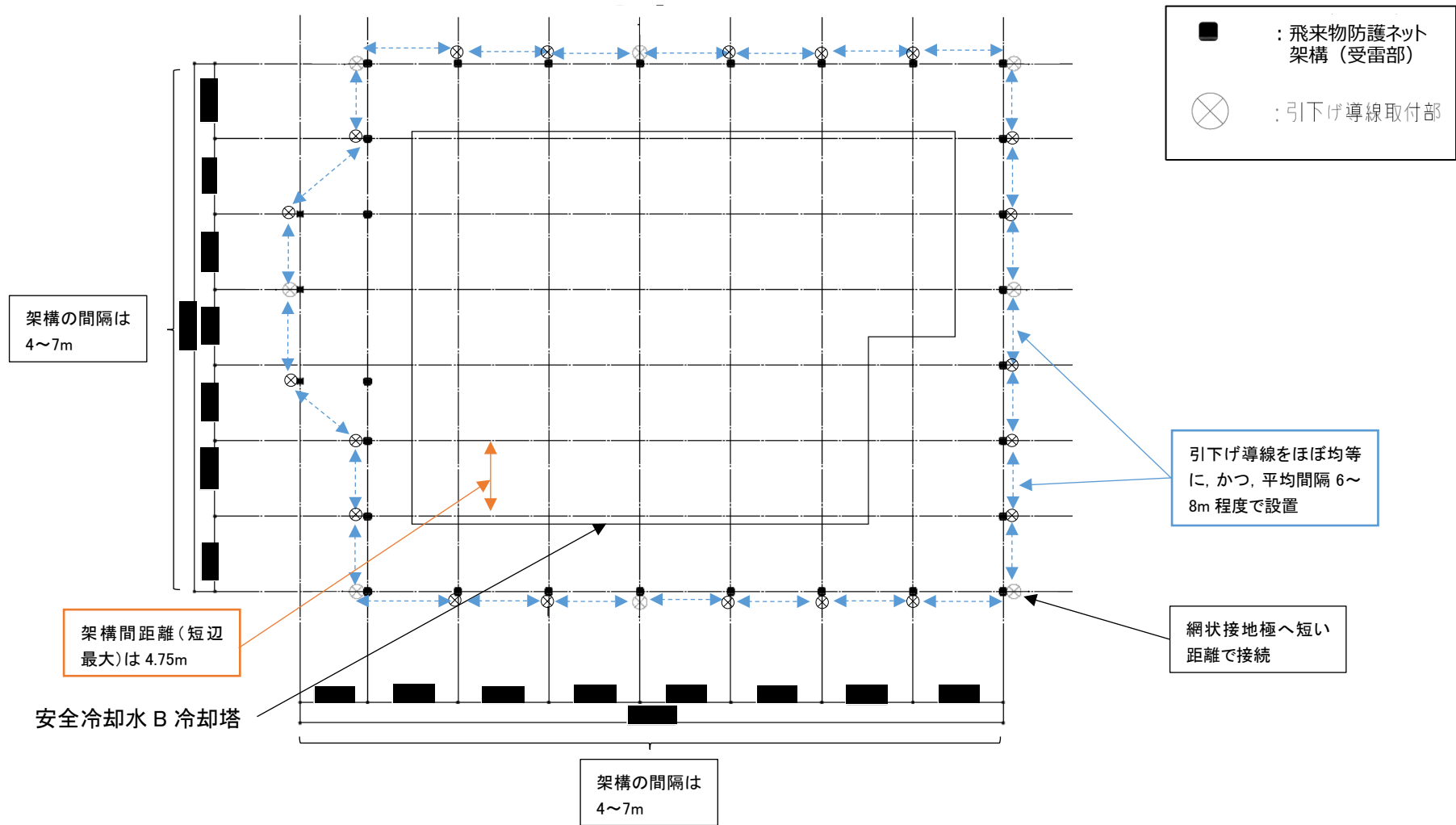
1. 及び第 1 表に示すとおり、飛来物防護ネットの避雷設備は雷保護レベル I 相当になっていることが確認できた。

以上

※ 飛来物防護ネットは、安全冷却水 B 冷却塔を覆う構造であり、2003 年版 JIS に準拠した構造体利用“構成部材として設計している。



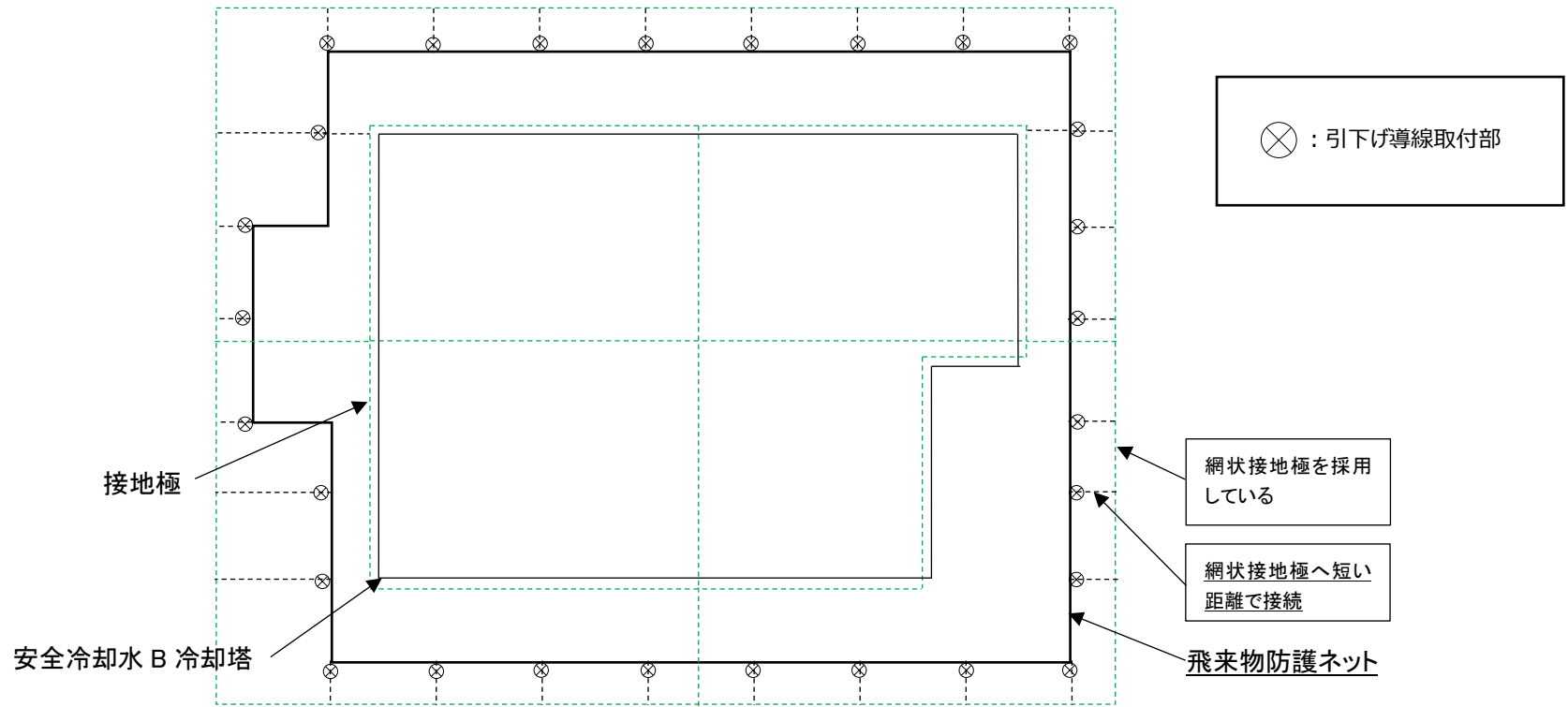
第 1 図 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔 B）の避雷設備の全体概要



単位 (mm)

第2図 飛来物防護ネット (再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B) の避雷設備 (受雷部及び引下げ導線) の配置図

外雷 01 別紙 1-4



第3図 飛来物防護ネット（再処理設備本体用 安全冷却水系冷却塔B）の避雷設備（引下げ導線及び接地極）の配置図

## 別紙 3—2

飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A）の避雷設備の配置について

## 目次

1. 飛来物防護ネット（第2 非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A）の避雷設備の配置.....1
2. 最新の規格（JEAG4608-2020）への適合状況について.....1



## 1. 飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A）の避雷設備の配置

飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A）の避雷設備の全体概要を第1図に、飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A）の避雷設備の配置図を第2図及び第3図に示す。

飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A）は冷却塔 A を覆う構造であり、かつ金属製の架構で構成されることから、本文 3.3（1） a. に示す通り雷保護レベル I に準拠したものとし、本文 3.3（1） b. に示す通り、2003 年版 JIS に準拠した「構造体利用」構成部材」としてとらえて避雷設備を設置する。

飛来物防護ネットの架構の天面は、受雷部の役割を果たすように 4～7m の間隔（中心間距離）で架構が組み立てられており、架構を構成する鋼材の幅を考慮すると、架構間の短辺の間隔は一部 5m を超える（最大 5.05m）部分がある（第2図参照）。しかし、天面の架構間には鋼製のネットがワイヤーロープで取り付けられており、さらに架構の上部構造にはブレース材が設置され、架構との導通が保たれるようになっている。受雷部を構成する架構の断面積は最も小さいもので 13,330mm<sup>2</sup>、ブレース材の断面積は最も小さいもので 9,143 mm<sup>2</sup>、鋼製ネットの線径は 4 mm である。

飛来物防護ネットの架構の柱は 4～7m（中心間距離）の間隔で設置されるとともに、架構の柱には引下げ導線を平均間隔 8～9m となるよう取り付け、地中に埋設する接地極に接続している（第2図参照）。架構の柱の断面積は 60,030mm<sup>2</sup>、柱に取り付けられる引下げ導線の断面積は 60 mm<sup>2</sup>としている。

接地極としては網状接地極を採用しており、その材料としては断面積 250 mm<sup>2</sup> の銅線を用いている。

## 2. 最新の規格（JEAG4608-2020）への適合状況について

1. に示す通り、飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A）の避雷設備は、2003 年版 JIS に準拠し、また、JEAG4608-2007 に準拠して、雷保護レベル IV として設計している。しかし、JEAG4608-2007 はその後改訂され、JEAG4608-2020 として発行され、その中において、「原子炉施設の安全に直接係る機器及び回路、並びに重大事故等対処設備を収納する建築物の雷保護レベルを I とし、それ以外の建築物（危険物施設を除く）については雷保護レベルを IV とすること」が明確にされた。飛来物防護ネット自体は再処理施設の安全性に直接係るものではないが、再処理施設の安全性に直接係る安全冷却水 A 冷却塔を全体的に覆う構造となっていることに鑑み、雷保護レベル I 相当として考えた場合の設計と現設計を比較し、その考察を以下に示す。

まず、2003 年版 JIS における雷保護レベル I と IV の設計要件の比較を第1表に示す。

第1表 雷保護レベルI及びIVにおける避雷設備の設計要件の比較

保護レベル		I	IV
受雷部におけるメッシュ法幅(m)		5	20
引下げ導線の平均間隔(m)		10	25
材料・寸法 (銅/アルミニウム/鉄)	受雷部(mm <sup>2</sup> )	35/70/50	同左
	引下げ導線(mm <sup>2</sup> )	16/25/50	同左
	接地極(mm <sup>2</sup> )	50/-/80	同左

受雷部の役割を果たす飛来物防護ネットの架構のメッシュ幅は概ね5~7mの範囲であり、保護レベルIのメッシュ法幅を若干上回る。しかし、飛来物防護ネットの架構には鋼製の防護ネットがワイヤーロープで取り付けられるか、又は金属製の防護板がボルトで取り付けられる構造となっており、架構や防護ネットの隙間から雷撃が侵入することは考えられない。

飛来物防護ネットの架構から接続する引下げ導線は、接地極と接続する部分を対象として平均間隔25m以下としているが、飛来物防護ネットの架構は側面も含め概ね5~7mの幅で格子状に鉄骨が組まれた形状となっている。また、飛来物防護ネットの架構に取り付けられる鋼製の防護ネットや金属製の防護板は、電気的に連続した構造で取り付けられている。したがって、雷撃電流を極力均等に接地極に放流することができる形状となっており、火花放電を発生することなく安全に雷撃電流を大地へ放流できる設計となっている。

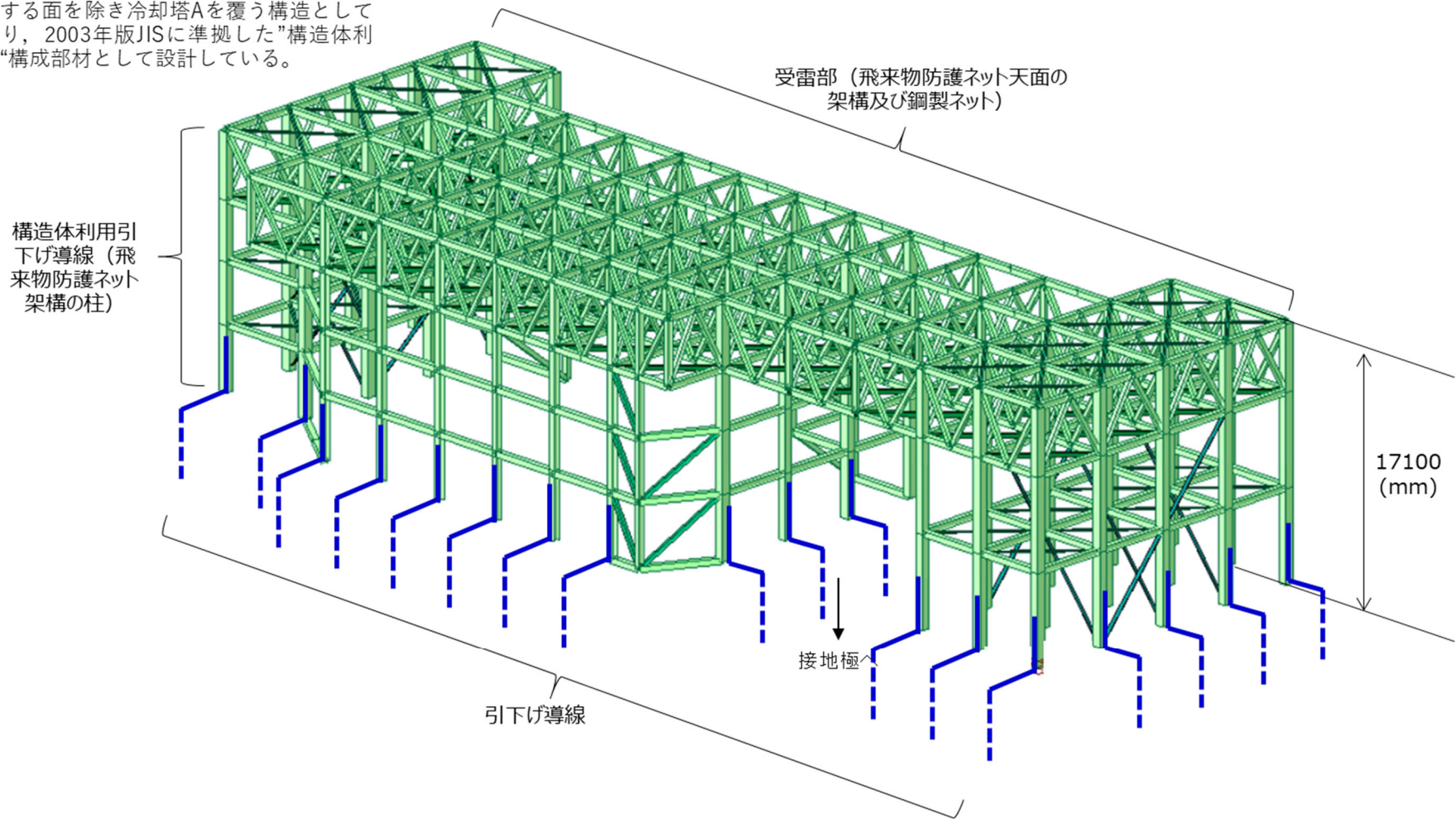
飛来物防護ネットから接続する接地極は、既設の網状接地極を流用する設計としているが、雷保護レベルによって接地極の材料・寸法の設計要件に差異はない。なお、既設の網状接地極は、断面積250mm<sup>2</sup>の銅線を用いている。

以上のことから、飛来物防護ネットは雷保護レベルIVで設計しているが、その構造上の特徴を踏まえると、雷保護レベルIの設計要件と比べても雷撃の侵入の防止、火花放電の発生低減、接地電位分布の平坦化に十分配慮されたものとなっている。

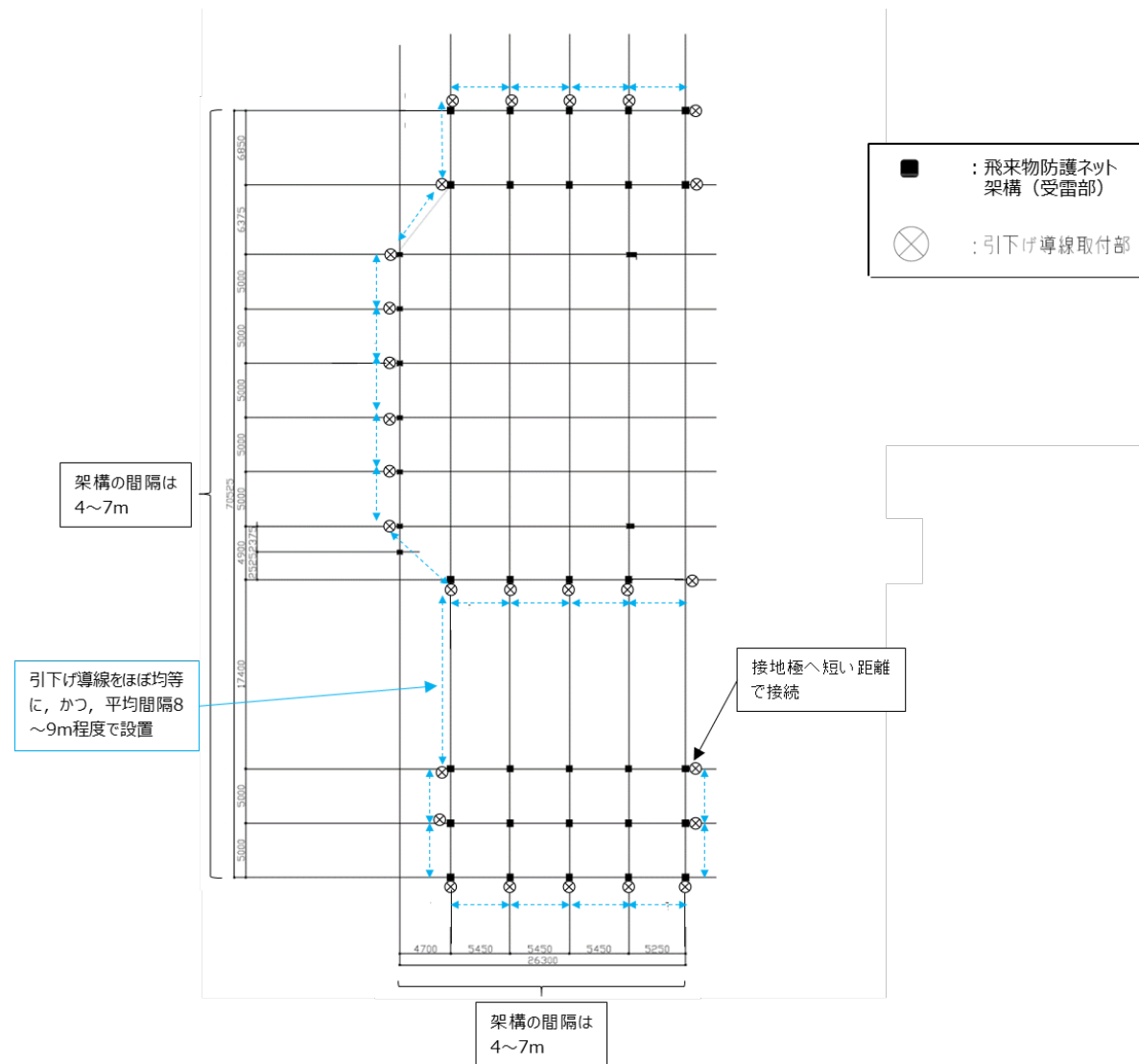
したがって、飛来物防護ネットの避雷設備は、JEAG4608-2020における改訂内容に照らしても十分な配慮がなされたものとなっていると判断することができる。

以上

※ 飛来物防護ネットは、非常用電源建屋に近接する面を除き冷却塔Aを覆う構造としており、2003年版JISに準拠した”構造体利用”構成部材として設計している。

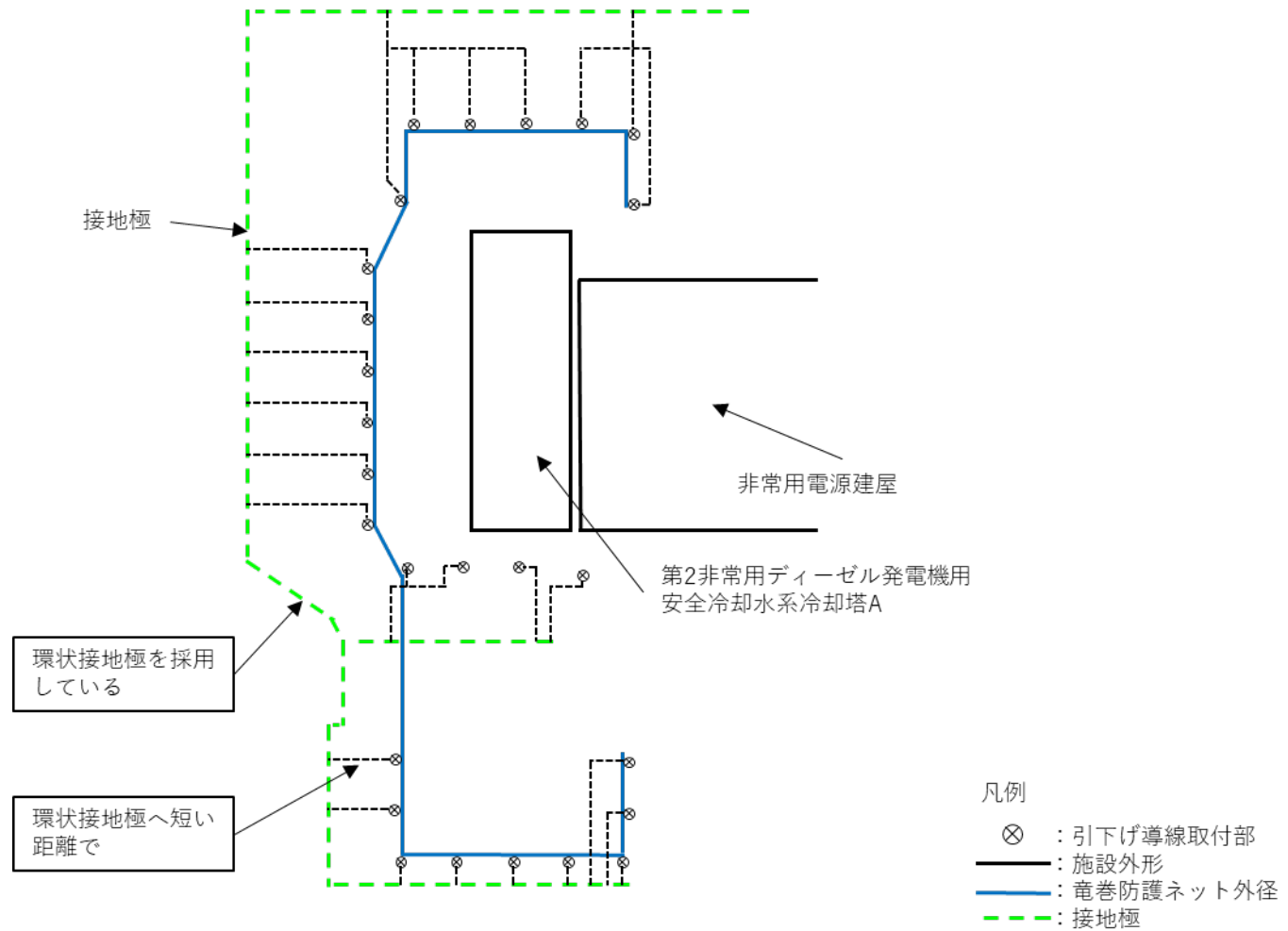


第1図 飛来物防護ネット (第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A) の避雷設備の全体概要



第 2 図 飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A）の避雷設備（受雷部及び引下げ導線）の配置図

外雷 01 別紙 3-5-4



第3図 飛来物防護ネット（第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔A）の避雷設備（接地極）の配置図

外雷 01 別紙 3-5-5

## 別紙 4

使用済燃料収納キャスクを収納する  
建屋の避雷設備の配置について

令和5年11月30日 R0

## 別紙4－1

# 使用済燃料輸送容器管理建屋の 避雷設備の配置について

## 目次

1. 使用済燃料輸送容器管理建屋の避雷設備の配置 .....	1
--------------------------------	---



#### 1. 使用済燃料輸送容器管理建屋の避雷設備の配置

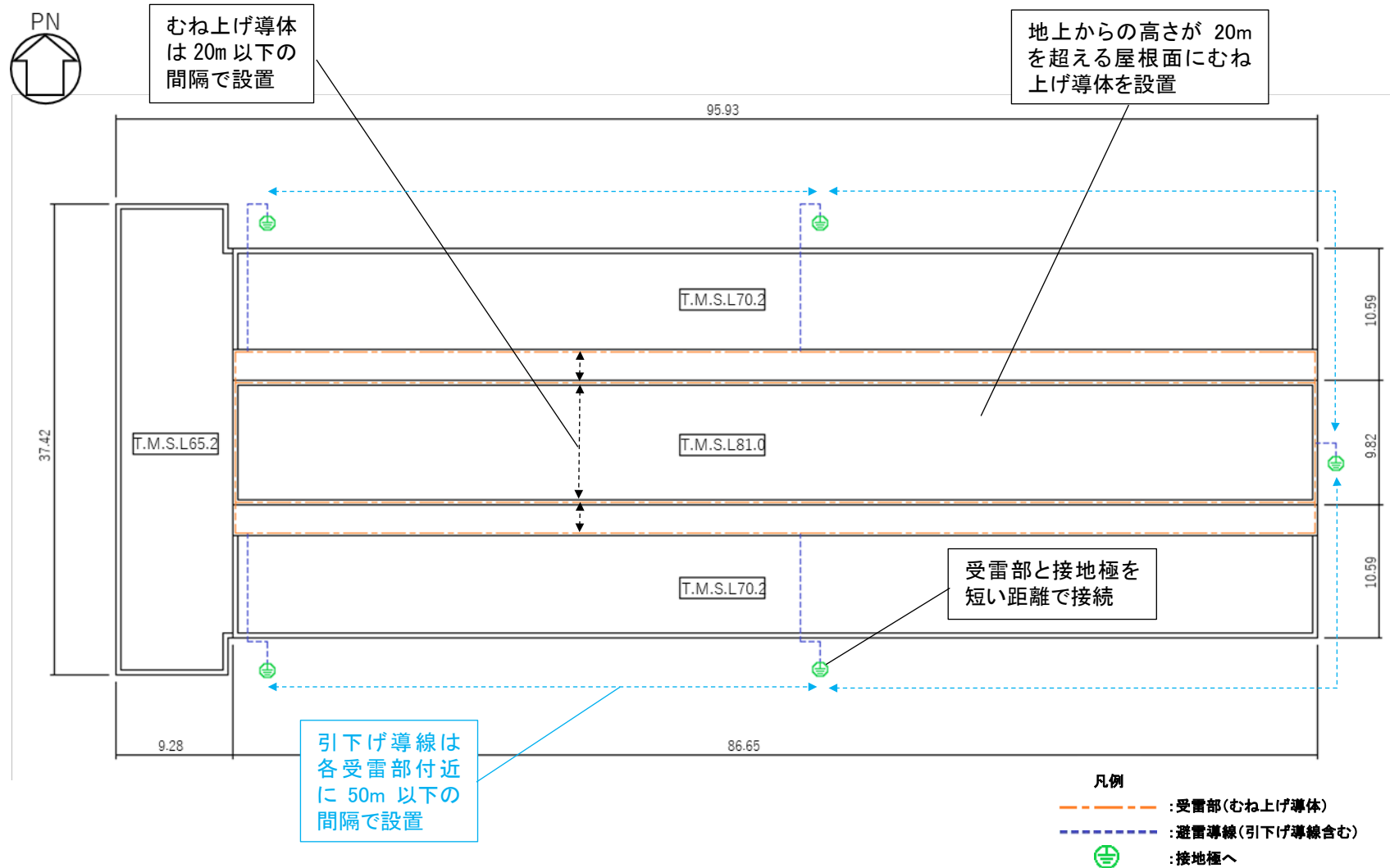
使用済燃料輸送容器管理建屋の避雷設備の配置概略図を第1図及び第2図に示す。

使用済燃料輸送容器管理建屋の避雷設備の受雷部は、地上からの高さが20mを超える屋根面にむね上げ導体を設置する設計としている。むね上げ導体は、地上からの高さが20mを超える屋根面の各点からの水平距離が10m以下（むね上げ導体の間隔が20m以下）となるように設計している。

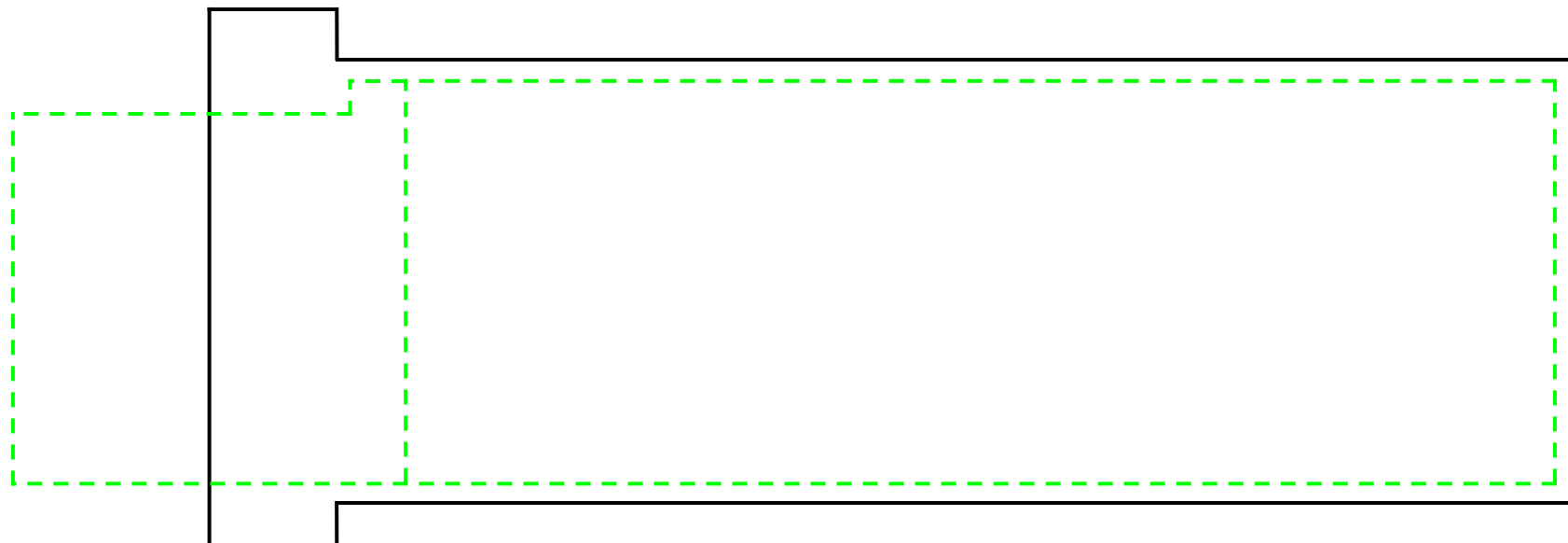
引下げ導線は、各むね上げ導体付近の建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、網状接地極を採用している。

以上



第1図 使用済燃料輸送容器管理建屋の避雷設備の配置図 (受雷部及び避雷導線) (単位: m)



凡例  
—— 施設外形  
- - - 接地極

第2図 使用済燃料輸送容器管理建屋の避雷設備の配置図（接地極）

令和5年11月30日 R0

## 別紙5

### 構内接地系の配置について

令和5年11月30日 R0

## 別紙5－1

### 構内接地系の配置について

## 目次

1. 構内設置系の配置.....	1
------------------	---

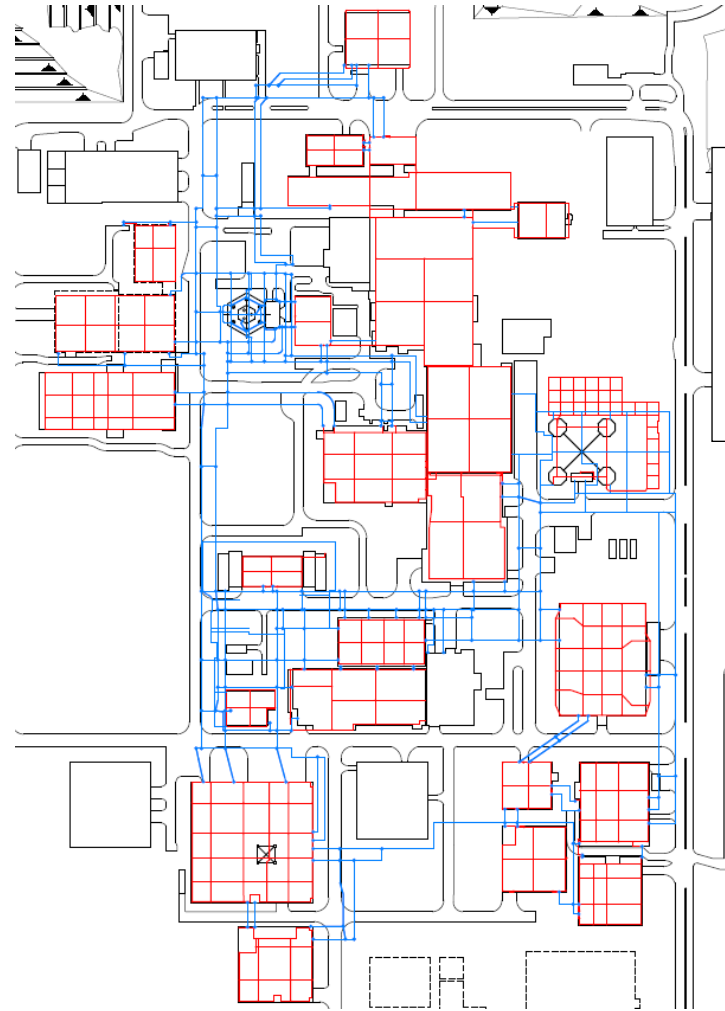
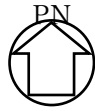
## 1. 構内設置系の配置

構内接地系の配置概略図を第1図に示す。

構内接地系は、断面積 150 mm<sup>2</sup>以上の銅を使用し、各々の接地極は最低 2 箇所て接続する設計としている。また、構内接地系は、0.75m 以上の埋設深さとして設計している。

構内接地系の接地抵抗は、最大故障電流による最大接地電位上昇値、歩幅電圧及び歩幅電圧の制限によって定められる所定の目標値（JIS A4201 による標準設計値 10 Ω）を十分に下回る 3 Ω 以下となるように設計している。

以上



- ・接地線の材料は、断面積 150~250 mm<sup>2</sup>の銅を使用
- ・接地線の埋設深さは、0.75m 以上
- ・各々の接地極は 2 箇所以上で接続
- ・構内接地系の接地抵抗は、3Ω 以下

凡例

- 接地極
- 接続線

第 1 図 構内接地系の配置概略図



## 別紙6

# 主排気筒以外の高い構築物の 避雷設備の配置について

令和5年11月30日 R0

## 別紙6－1

北換気筒の避雷設備の配置について

## 目次

1. 北換気筒の避雷設備の配置.....	1
----------------------	---

## 1. 北換気筒の避雷設備の配置

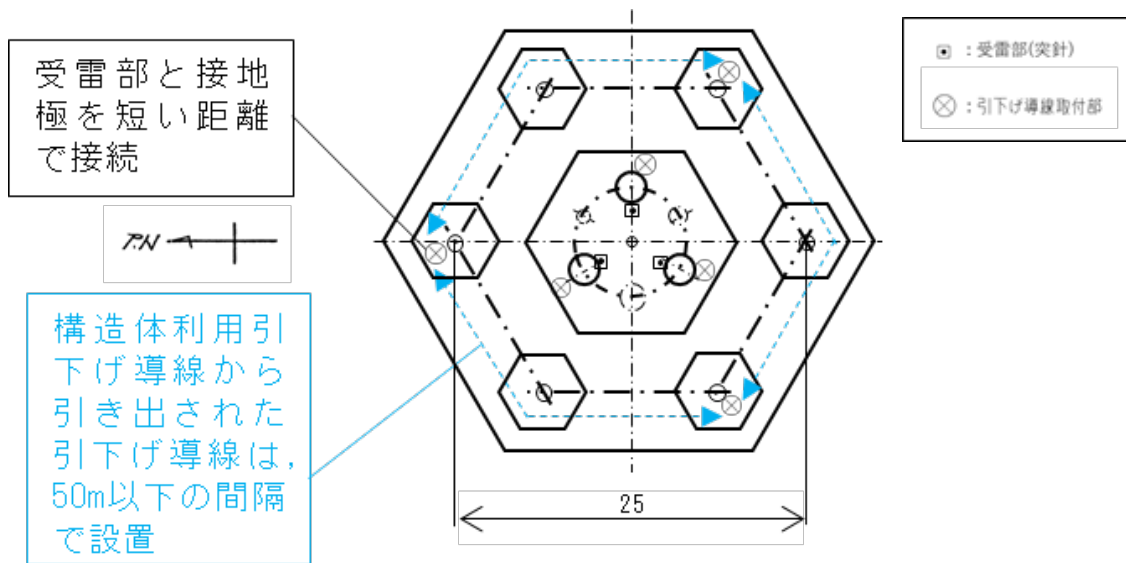
北換気筒の避雷設備の配置概略図を第1図及び第2図に示す。

北換気筒の避雷設備の受雷部は、複数の突針から構成し、突針は北換気筒の筒身（金属製の構造体）に接続する設計としている。北換気筒の筒身及び支持架構は、構造体利用引下げ導線とする設計としており、地上付近にて引下げ導線に接続している。

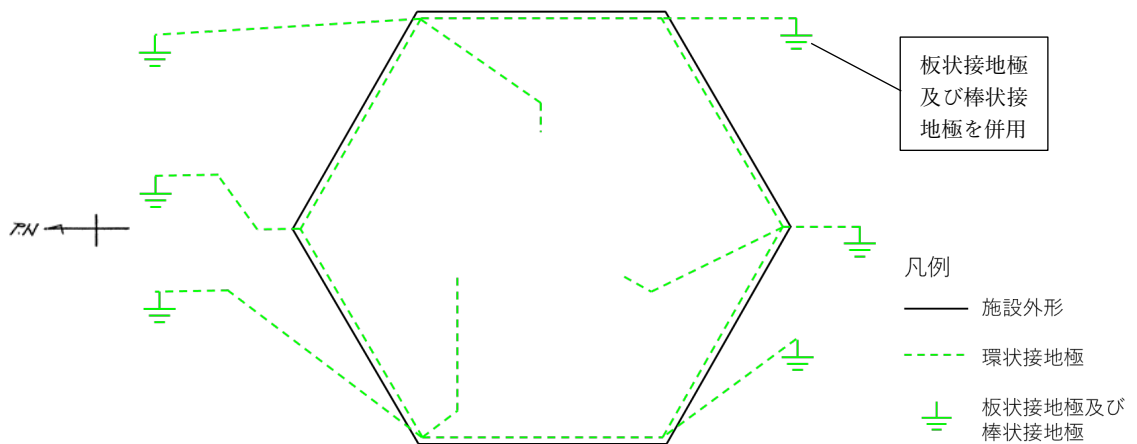
地上付近で北換気筒の筒身及び支持架構から引き出された引下げ導線は、北換気筒の外周に間隔が50m以下となるように設置し、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、環状接地極を採用しており、板状接地極及び棒状接地極を併用している。

以上



第1図 北換気筒の避雷設備の配置図（受雷部及び避雷導線）（単位：m）



第2図 北換気筒の避雷設備の配置図（接地極）

## 別紙7

# 外部事象防護対象施設を収納する建 屋の避雷設備の配置について

## 別紙7-1

# ガラス固化体貯蔵建屋の 避雷設備の配置について

## 目次

1. ガラス固化貯蔵建屋の避雷設備の配置.....	1
---------------------------	---



## 1. ガラス固化貯蔵建屋の避雷設備の配置

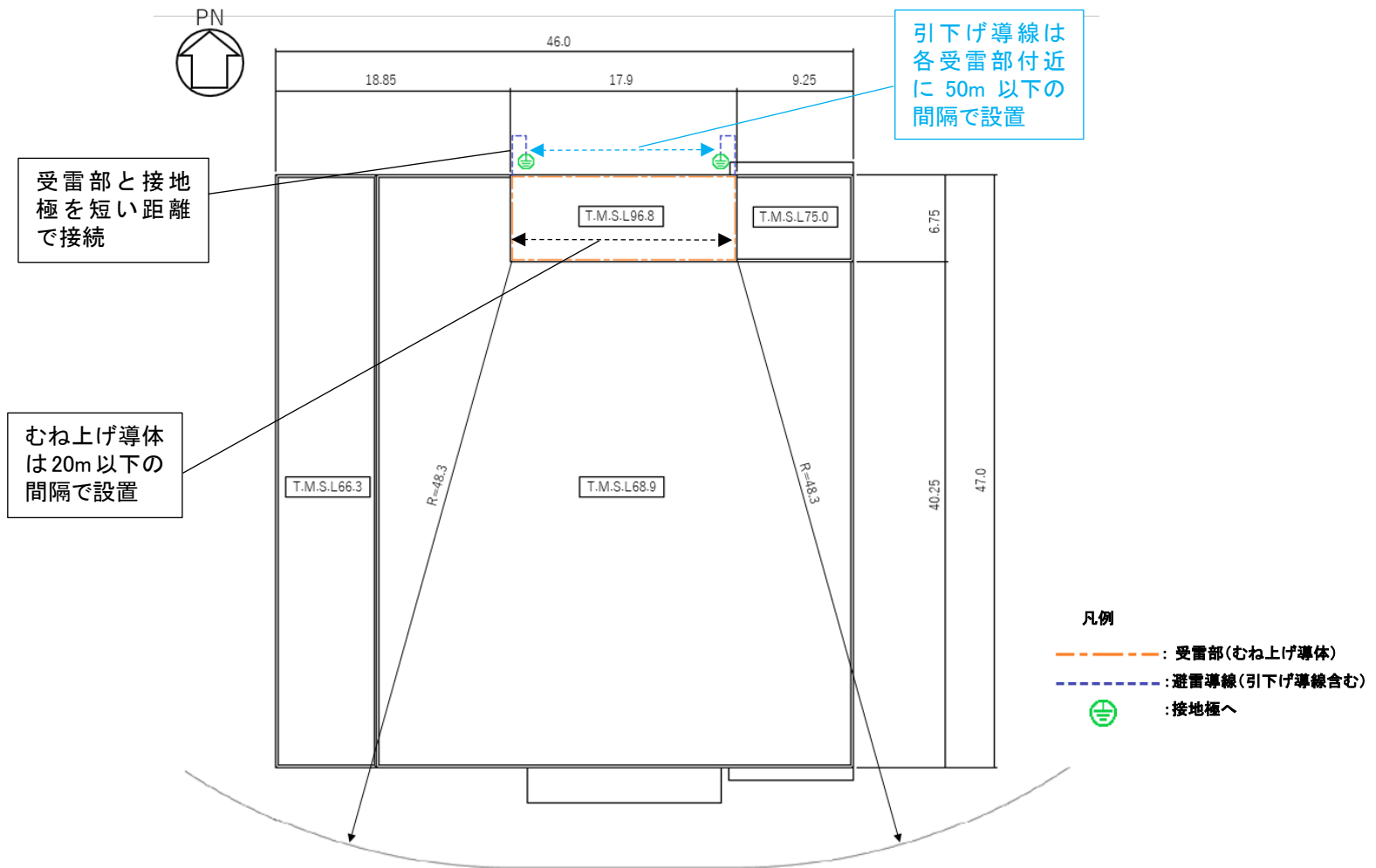
ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置図を第1図及び第2図に示す。

ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の受雷部は、むね上げ導体によって構成している。むね上げ導体は、建屋の屋根面の各点からの水平距離が10m以下（むね上げ導体の間隔が20m以下）となるように設計している。

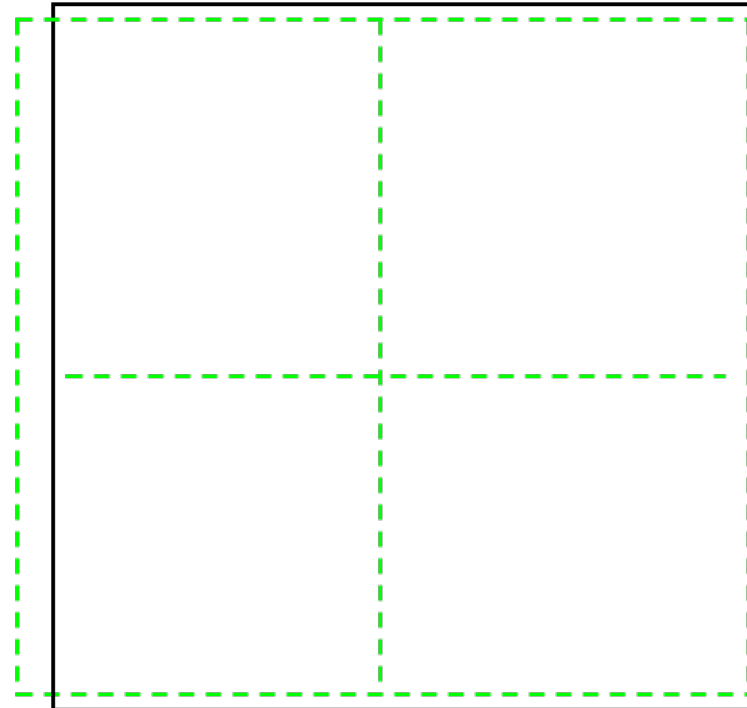
引下げ導線は、各むね上げ導体付近の建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

接地極としては、網状接地極を採用している。

以上



第1図 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置図（受雷部及び避雷導線）（単位：m）



凡例  
—— 施設外形  
- - - 網状接地極

第2図 ガラス固化体貯蔵建屋の避雷設備の配置図（接地極）

## 別紙 8

# ガラス固化体を収納する輸送容器 を収納する建屋の避雷設備の 配置について

## 別紙8－1

# ガラス固化体受入れ建屋の 避雷設備の配置について

## 目次

1. ガラス固化体受入れ建屋の避雷設備の配置 .....	1
------------------------------	---

## 1. ガラス固化体受入れ建屋の避雷設備の配置

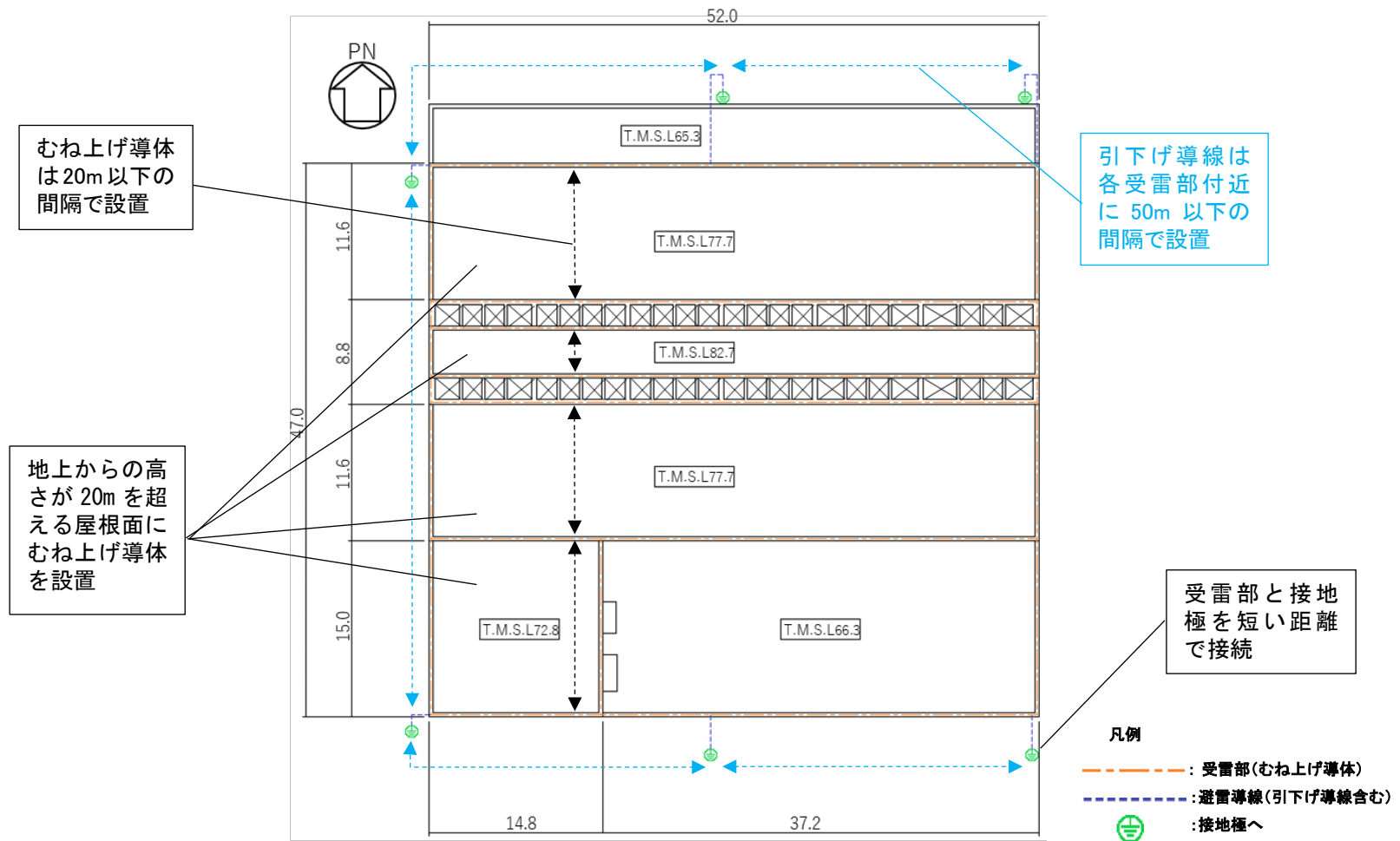
ガラス固化体受入れ建屋の避雷設備の配置図を第1図及び第2図に示す。

ガラス固化体受入れ建屋の避雷設備の受雷部は、地上からの高さが20mを超える屋根面にむね上げ導体を設置する設計としている。むね上げ導体は、地上からの高さが20mを超える屋根面の各点からの水平距離が10m以下（むね上げ導体の間隔が20m以下）となるように設計している。

引下げ導線は、各むね上げ導体付近の建屋の外周に設置しており、その間隔は50m以下となるように設計している。また、引下げ導線は、できるだけ短い距離で接地極へ接続する設計としている。

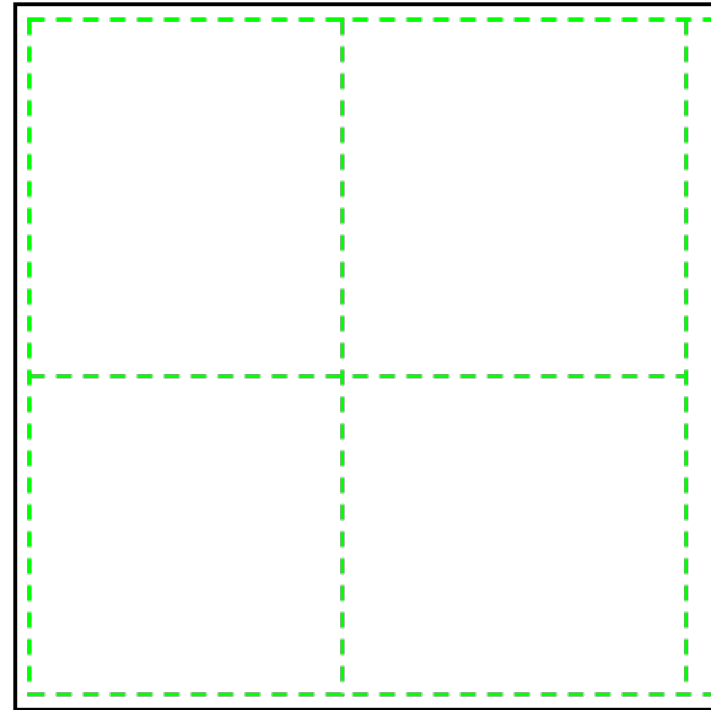
接地極としては、網状接地極を採用している。

以上



第1図 グラス固化体受入れ建屋の避雷設備の配置図(受雷部及び避雷導線)(単位:m)





凡例

—— 施設外形

- - - - 網状接地極

第2図 ガラス固化体受入れ建屋の避雷設備の配置図（接地極）