

不活性ガス消火設備の放射時間延長に係る検討

リチウムイオン電池の火災リスクについて

○ リチウムイオン電池の燃焼に伴う酸素の外部流出の可能性について

- 火災発生時、リチウムイオン電池が加熱されると、正極材料の熱分解により酸素が発生する可能性がある。
- このことについて、『リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及に対応した火災予防対策等検討委員会報告書』（平成23年3月、東京消防庁予防部）によると、以下のとおり記載されている。

『リチウムイオン電池を用いた蓄電池設備の普及に対応した火災予防対策等検討委員会報告書』（東京消防庁）

- 正極材料が熱分解に至る場合（熱分解温度：200℃～450℃）、正極材料からの発熱等により電池内部の温度は500℃を越える。
- 正極材料が熱分解し酸素が発生するとともに、電解液（自然発火温度：460℃～470℃）が燃焼する。
- 正極材料からの酸素発生量よりも電解液の燃焼※¹による酸素消費量の方が多い。

○ 一般的なリチウムイオン電池1 kWh当たりの酸素発生量と電解液の燃焼による酸素消費量

物質名	酸素発生量※ ² [L/kWh]	酸素消費量※ ^{1, 2} [L/kWh]
コバルト酸リチウム	84.6	701
ニッケル酸リチウム	115.6	
マンガン酸リチウム	140.0	

※¹ エチレンカーボネート、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネートの組成比を1:1:1と仮定。

※² 標準状態（0℃、1気圧）の値。

- 以上から、リチウムイオン電池外部へ酸素が流出する可能性はほとんどない。

電気自動車に搭載されるリチウムイオン電池内部では、正極材や周辺の空気からの酸素供給により燃焼が継続する可能性があるが、**リチウムイオン電池外部へ酸素が供給される可能性はほとんどなく、区画内の酸素濃度変化は生じないと考えられる。**

出火車両における車体一部の熔融滴下燃焼について

○ 熔融滴下燃焼が発生する可能性について

- 車室内、エンジンルーム等から出火して車両外周部へ延焼した場合、出火車両の一部部品（バンパー等）が熔融滴下して、当該車両直下の車両（以後、「直下車両」という。）へ延焼することが想定される。

➤ 車室内やエンジンルームから出火する場合

- 過去の検討を踏まえると、車両外周部等へ延焼するのは、車室内やエンジンルームから火炎が噴出した後である。（参考資料 4 - 7（第3回検討部会資料3-2を一部抜粋）、3 - 7 - 3、5 ~ 7、（第3回検討部会））
- 不活性ガス消火設備は、車室内やエンジンルームから火炎が噴出する時点までには火災を感知して消火剤の放出を開始することが見込まれるため、車両外周部等へ延焼する前に火災規模が抑制され、出火車両の一部部品についても一定程度冷却されるものと考えられる。

➡ **出火車両の一部部品が熔融滴下して延焼が拡大するような状況には至らないのではないか。**

出火車両における車体一部の熔融滴下燃焼について

➤ (参考) 車両外周部から出火する場合

- 火災事例調査（10年間に駐車場又は車庫から出火し車両1台以上が焼損した火災事例を収集。参考資料4-7（第3回検討部会資料3-2を一部抜粋）。）において、車両外周部から出火した事例は、車体外部から出火した27件、タイヤから出火した7件の合計34件であった。そのうち、① 放火等の外的要因に起因する事例が28件、② 排気管の異常発熱に起因する事例が1件、③ フォグランプの配線劣化や異常発熱に起因する事例が5件であった。

① 放火等の外的要因に起因

機械式駐車場は自走式駐車場とは異なり、その内部は車両乗降時を除いて原則として無人の状態であるため、放火等の外的要因により、車両外周部等から出火する可能性は極めて低いと考えられる。

② 排気管の異常発熱に起因

火災が発生するような排気管が高温状態となっているのは、エンジン稼働中又は停止直後に限られるので、機械式駐車場では考慮する必要はないと考えられる。

③ フォグランプの配線劣化や異常発熱に起因

短時間でバンパー等の部品に火が回り、当該部品が直下車両に熔融滴下する可能性は考えられる。この場合において、感知器が作動する前に、熔融滴下した部品から直下車両に燃え移ることが考えられる。

このとき、出火車両の方が直下車両よりも先に火災が進展していることから、不活性ガス消火設備が、出火車両における火災の進展を抑制できる性能を有していれば、直下車両における火災の進展も抑制可能であると考えられる。なお、出火車両における火災及び直下車両における火災はいずれも「車両外周部からの火災」であると整理できる。「車両外周部からの火災」は、過去の実験の結果（参考資料3-7-11、3-7-12（第3回検討部会））を踏まえると、出火後に急激に発熱速度が大きくなることはなく、出火から車室内に火災が進展するまでの数十分間では大きな発熱速度を観測することはなかった。

➡ **本検討においては、第3回検討部会で想定した消火性能※を有していれば、熔融滴下燃焼が発生する場合も、直下車両に隣接する車両への延焼についても抑止できると考えられる。**

※ 車室内から出火し、その後窓ガラスが割れるとともに車室内で急激に火災拡大するような爆発的な火災において、出火車両の隣接車両に延焼しない性能をいう。

○ 火災シナリオの想定

- 不活性ガスを90%放射終了するときに達成すべき延焼規模の条件は、第3回検討部会での想定から変更しないこととする。

○ 第3回検討部会で想定した延焼規模の条件

- 出火した自動車の焼損はやむを得ないとしても、隣接車両等への延焼は避けるべきであるので、不活性ガスを90%放射終了する時に達成すべき延焼規模の条件は、「出火車両の隣接車両への延焼拡大を抑止できること」とする。
- また、出火車両による隣接車両の受熱量が一定以上となった時点で隣接車両は出火と考えられるので、本検討では出火車両からの輻射熱及び隣接車両の受熱量に着目することとする。

出火場所として想定する機械式駐車場について

(1) 機械式駐車場の種類について

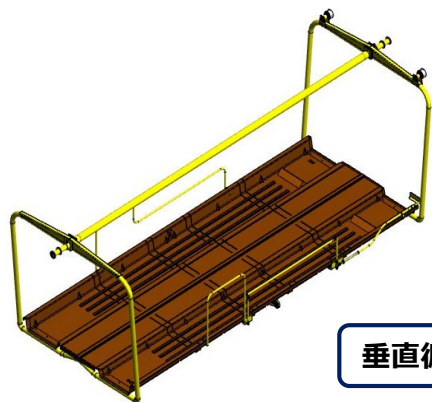
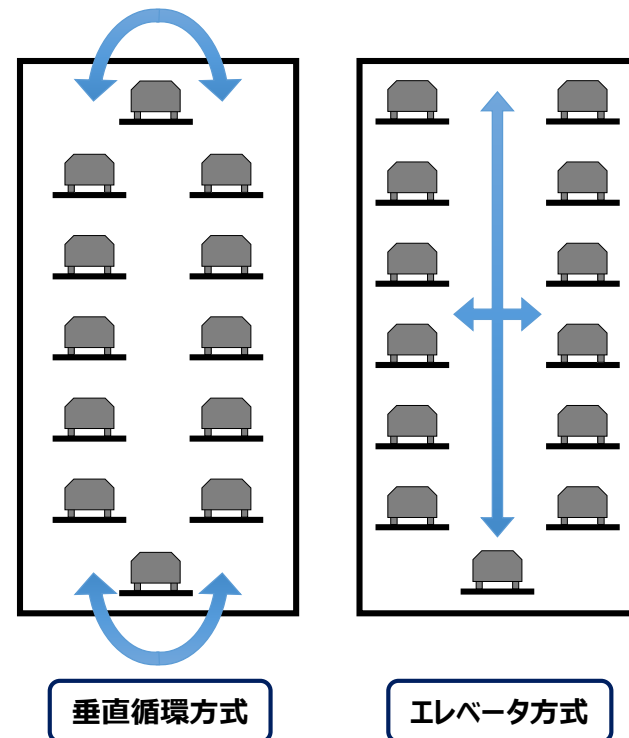
- 第3回検討部会において、本検討では、垂直方向へ延焼する危険性のあるタワーパーキングを出火場所として想定することとした。

→ 具体的なタワーパーキングの方式としては、一般的な方式である「垂直循環方式」に加え、これと同様に垂直方向へ延焼する危険性が高い方式である「エレベータ方式」についても想定することとする。

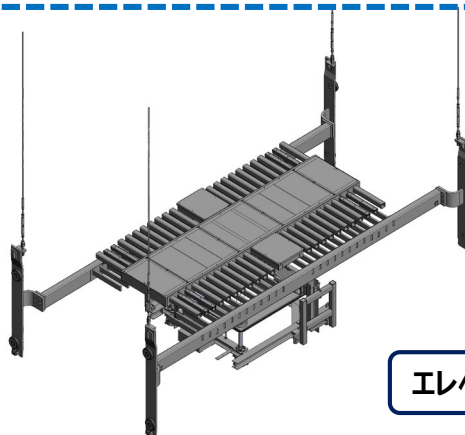
(2) 機械式駐車場の搬器の構造について

- 垂直循環方式、エレベータ方式等の機械式駐車場においては、駐車車両からその直下にある車両へ雨水や油が滴下しない構造を有するものがある（具体的には、搬器の下部に受板が設置されているものがある。）。

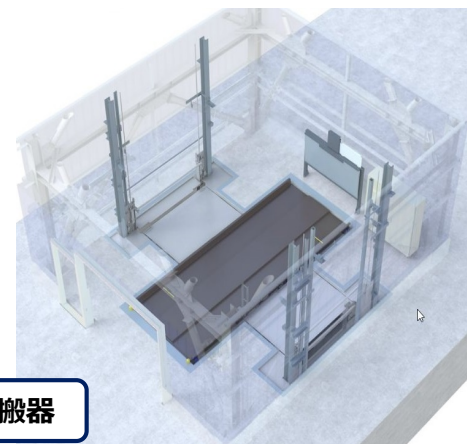
（公社）立体駐車場工業会によると、本構造の設置は、法令に基づくものではなく、設置されていたとしても、その材質が薄鉄板や樹脂板等の高温環境下で破壊される可能性の高いものや、駐車車両の投影面積よりも小さいものがあり、また、本構造を有する機械式駐車場が設置されている割合については、統計データが無く、不明であるとのこと。



垂直循環方式の搬器



エレベータ方式の搬器



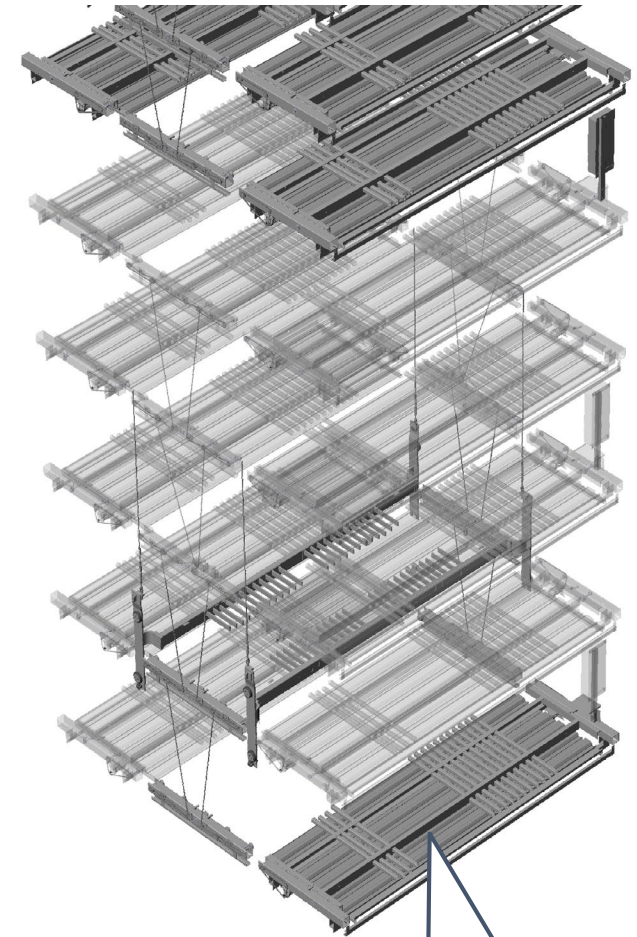
出火場所として想定する機械式駐車場について

- 出火車両から直上車両への延焼については、搬器の受板の有無やその構造によって、進展速度が異なることが予想される。
- 駐車車両下部の受板の構造は次の3通りが考えられる。

- ① 受板の面積が車両の投影面積よりも十分に大きく、かつ十分な耐熱性能を有する受板が存在する場合
- ② 受板の面積が車両の投影面積と比較して小さい、又は十分な耐熱性能を有さない受板が存在する場合
- ③ **受板が存在しない場合**

➡ 不活性ガス消火設備のガス放射時間延長に係る検討においては、出火車両から直上車両へ延焼する危険性が最も高い③を想定することとする。

エレベータ方式の機械式駐車場



受板が存在する搬器

＜出火場所として想定する機械式駐車場＞

1. 出火場所として想定する機械式駐車場の種類は、「垂直循環方式」又は「エレベータ方式」の構造とする。
2. 機械式駐車場の構造は、搬器の下部に受板が存在しない構造を想定するものとする。

実施する数値シミュレーションの方針(案)

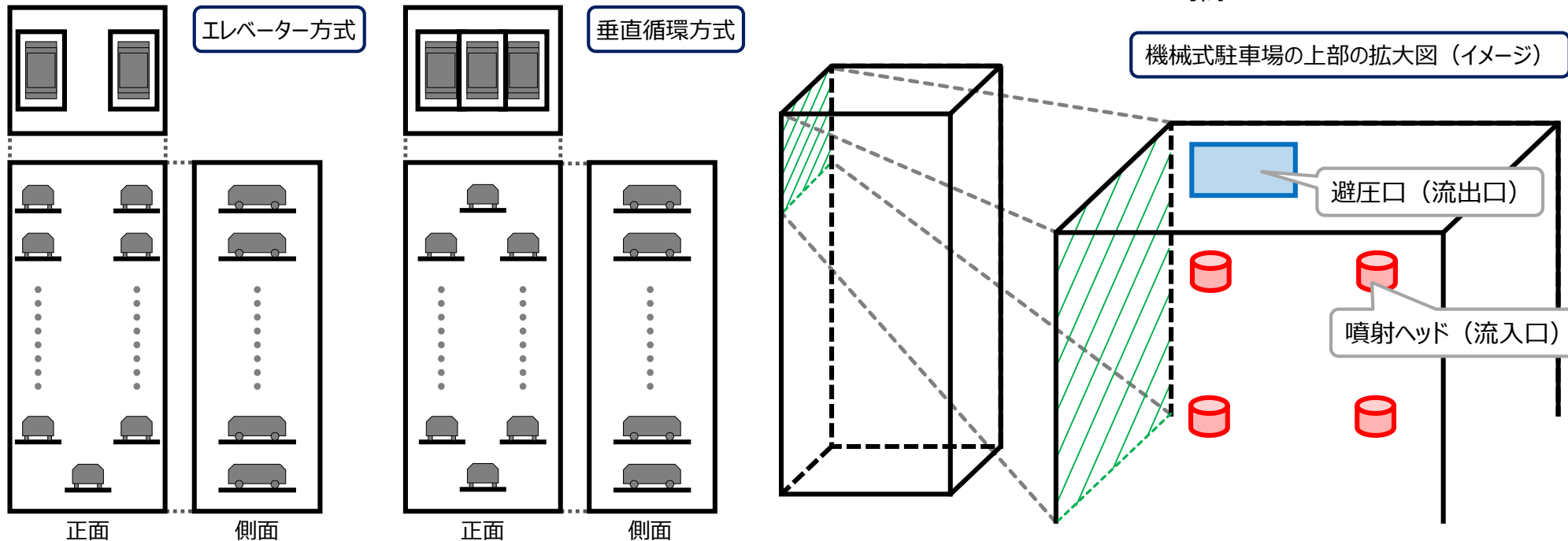
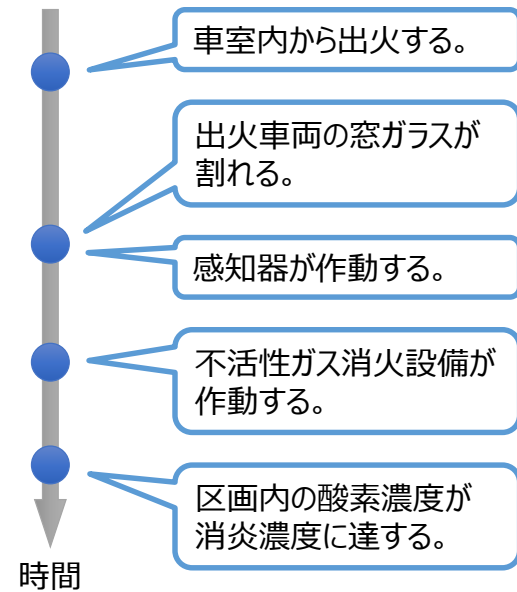
○ 目的

● 隣接する車両へ延焼しない最大放射時間を検討する。

- 車両からの出火に伴って機械式駐車場内部の状況が右図のように変化する場合における物理現象をモデル化する。
- 不活性ガス放射時間を変化させて数値シミュレーションを複数回行う。

○ 計算対象

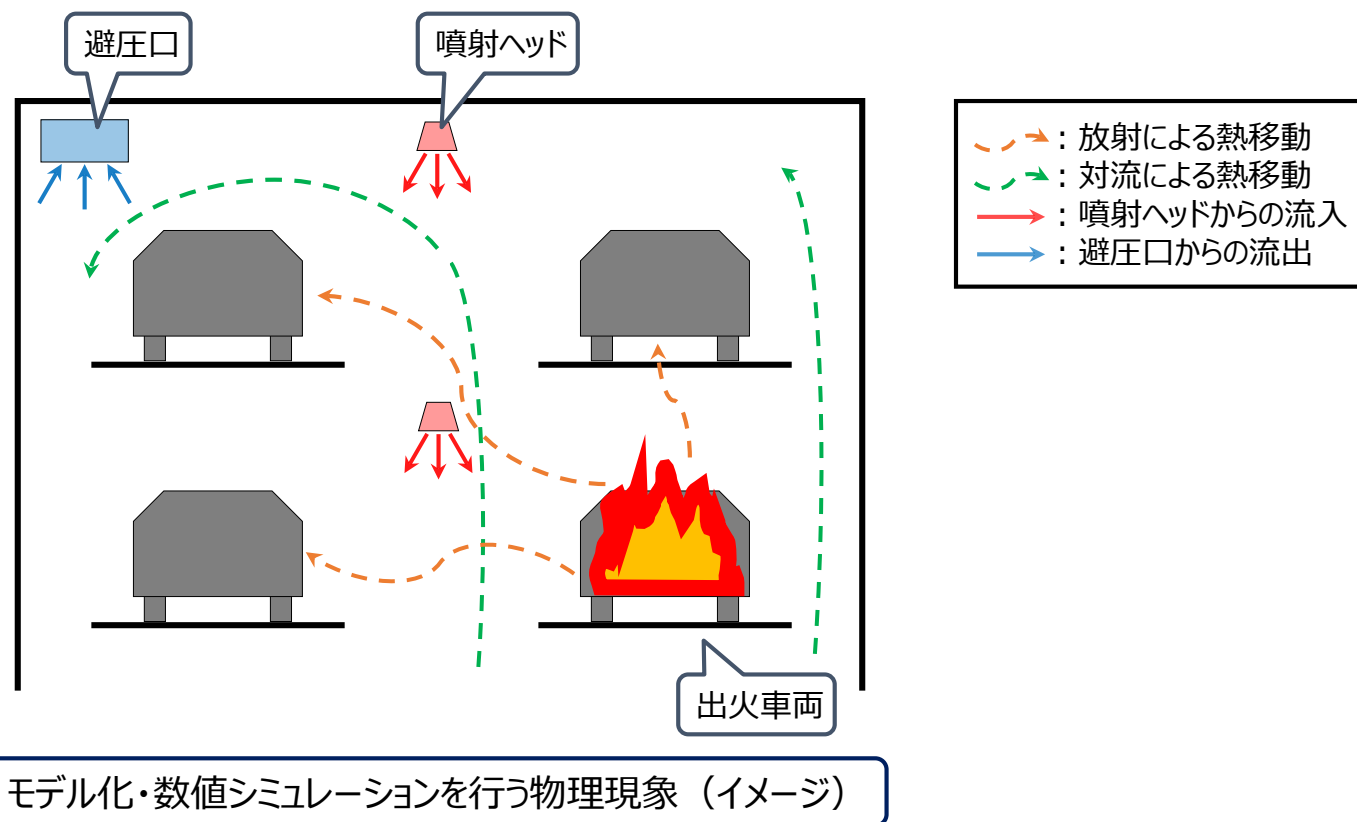
- 「垂直循環方式」又は「エレベーター方式」（（公社）立体駐車場工業会に提供いただいた情報を基に、延焼危険性が高い方を選択）の機械式駐車場内部とその内部に駐車された車両を模擬したものとする。また、内部には避圧口と複数の噴射ヘッドを配置する。
- 車両の配置数、出火車両の位置、寸法（各種形状の細部の再現度合い）等については、引き続き工業会等と協議し決定することとする。



実施する数値シミュレーションの方針(案)

○ 計算内容

実車両火災実験から得られる結果等を基に、出火車両からの熱放射等を計算条件として設定する。その後、機械式駐車場内部の物理現象（対流、放射、濃度変化等の様子）について、数値シミュレーションを行う。不活性ガス放射時間を変化させた場合における数値シミュレーションを複数回行い、出火車両の直上及び左右いずれか（下図においては左）に位置する車両（隣接車両）の受熱量や表面温度の時間変化をそれぞれ求める。



あらかじめ設定した不活性ガス放射時間において、出火車両の周囲に位置する車両（直下に位置する車両を除く）の受熱量及び表面温度を計算し、その計算結果から当該車両が延焼開始する条件を満たしているかどうかそれぞれ検討する。