

危険から始まる安全工学(HBSE)に基づく安全設計 [No.3]

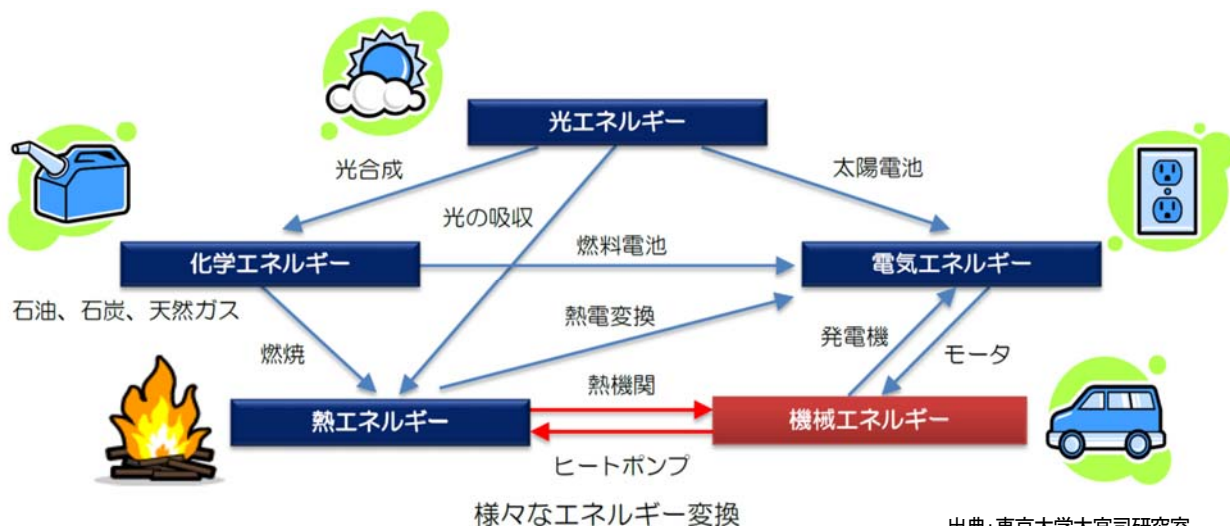
危険エネルギー源を特定してそれによって引き起こされるリスクを低減するための対策として、人体へのエネルギー伝達の可能性がある箇所を見つけ、安全技術を利用することによって、リスクを低減する設計は、リスクアセスメントの手法として有効活用が出来ます。

ここでハザードベース(HBSE)による安全設計について、先の安全設計[No.1]で述べたHBSEのプロセス(着眼点)について、“セーフガードの設計”に着目して実際に機械・装置を安全に設計する立場からそのアプローチ方法の概要を説明します。

(1) 危険エネルギー源がある場合は、セーフガードを設計し始める前に、エネルギーがどのように身体部分へと伝達される可能性があるか特定する。

1) そのエネルギー源は、何か？

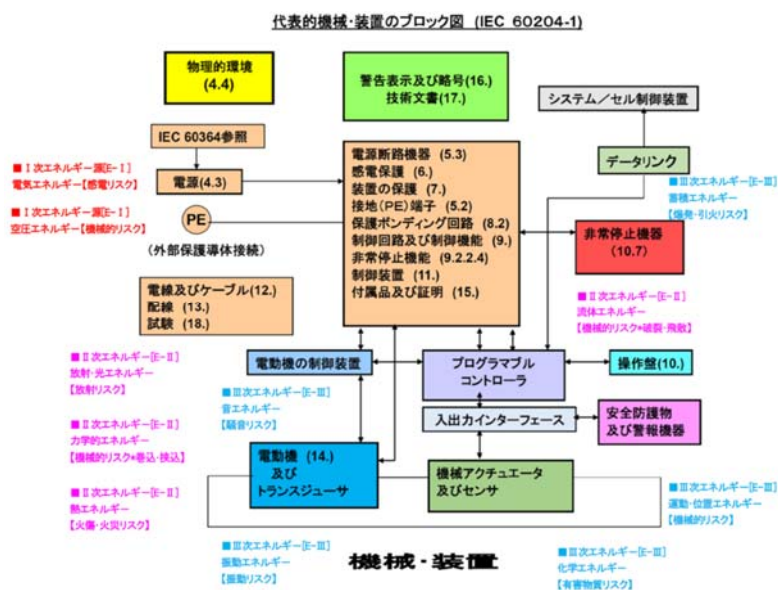
広義の意味でのエネルギー源は下図のとおりですが、産業機械・装置の設計におけるエネルギー源は、ある限定した範囲での使用方法であって、エネルギー源とその変換の相互関係は、基本的に同じです。



2) 機械・装置でエネルギーがどのように使われているか？

安全規格 IEC 60204-1(機械の電気装置)の代表的機械・装置を例にすると、下記のエネルギー源が考えられます。

- ① 電気エネルギー
- ② 空圧エネルギー
- ③ 放射・光エネルギー
- ④ 力学的エネルギー
- ⑤ 熱エネルギー
- ⑥ 流体エネルギー
- ⑦ 蓄積エネルギー
- ⑧ 音エネルギー
- ⑨ 運動・位置エネルギー
- ⑩ 振動エネルギー
- ⑪ 化学エネルギー



3) エネルギーは機械・装置の動作中にどのように変換されているか？

■エネルギー伝達による分類

エネルギー源 (I 次)
(E-I)

- ① 電気エネルギー
- ② 空圧エネルギー
- ③ 油圧エネルギー
- ④ 水圧エネルギー
- ⑤ 蒸気エネルギー



⑤



②



①



④



③

II 次エネルギー
(E-II)

- ⑥ 力学 (運動・位置)エネルギー
- ⑦ 電気エネルギー(危険電圧)
- ⑧ 熱エネルギー
- ⑨ 放射・光エネルギー
- ⑩ 化学エネルギー



⑦



⑩



⑥



⑧



⑨

III 次エネルギー
(E-III)

- ⑪ 音エネルギー
- ⑫ 振動エネルギー
- ⑬ 蓄積エネルギー



⑪



⑬



Excavator mounted
Vibratory Hammer

⑫



■機械・装置における電気エネルギーと力学的エネルギー
多くの場合、機械・装置は、電気エネルギーをその動力源(ユーティリティ)としている。
電気エネルギーは、各種の電気デバイスによって力学的エネルギーに変換されること多い。

この力学的エネルギーは、
メカニカルハザードとしての
危険源として認識されるが、
実際の機械・装置のリスクア
セスメントにおいて、“危険の
ひどさ”と“発生確率”の見積
を行って、適切なリスク低減
対策が必要となる。

※ISO 12100:2010(Annex B)
「危険状態・事象の例」を参照

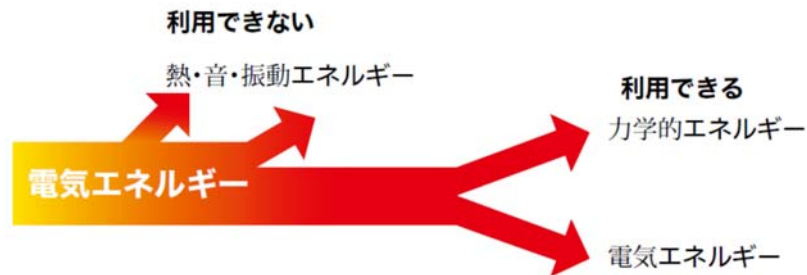
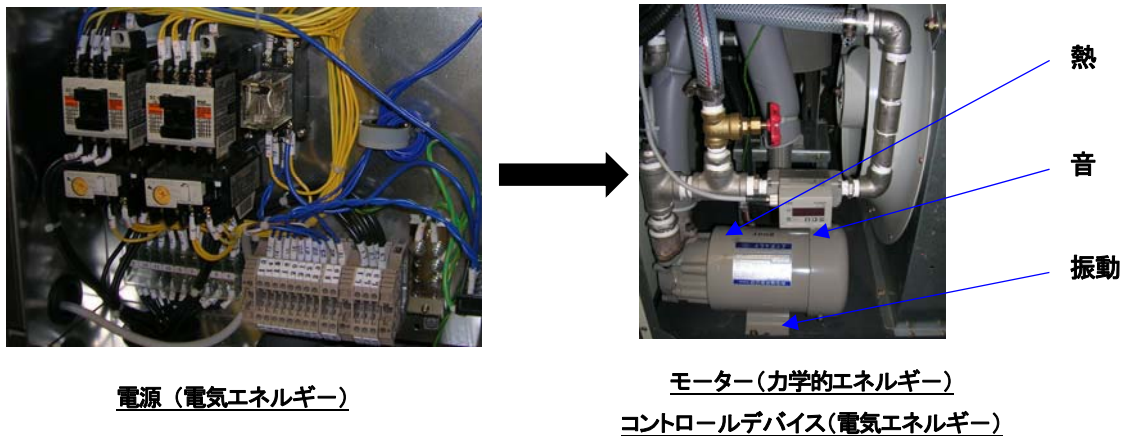


4) エネルギーは、どのように変換されて消散されているか？

機械・装置は、電気エネルギーを消費している。

下記は、電気エネルギーを力学的エネルギーに変換した例である。エネルギーを変換の際にその他にも、電気部品やモーターなどから本来必要としない熱、音、振動エネルギーが放出されているが、これらのエネルギーは利用されない。

リスクアセスメントでは、エネルギーが利用できる出来ないに関わらずに危険状態が危害を引き起こす可能性がある事象と考えられる場合には、リスク低減対策を行うことが必要となる。



5) エネルギーが無害として分類されるか、その根拠は何か？

下記の点を考慮して対応することが必要でこの判断を誤らないようにすることが重要である。

1. 危険事象とは、そのエネルギーが身体に伝達された場合、傷害を引き起こす。
2. 身体への暴露事象とは、身体部分が、エネルギーを遮断する位置にあることを示す。
3. 傷害は、エネルギーが何らかの形で身体部分に伝達されることにより引き起こされる。

●安全エネルギーモデル *「傷害に至らない」



エネルギーの大きさと継続時間の限界値を、人体に傷害を生じないで耐えられる最高のレベルに設定します。エネルギーの大きさとそれにかかる時間が人体の耐えられる度合を超えない限り、被害はないこととなります。例えば、室温と同じ水は、危険なエネルギー源ではなく、指がその水に触れても人体に伝達されるエネルギーは許容可能なレベルにあります。

■エネルギー源の種類と傷害の分類

国際規格 IEC 62368-1は、その規格書で下記のような記載がされている。

エネルギー形態 Form of Energy	例 e.g.	人体損傷、又は設備損失 Example of Body Response or Property Damage	IEC62368-1 Clause	Remarks
電気エネルギー Electrical Energy	活電部 Energized conductive parts	痛み、心室細動、心停止、呼吸停止、 電気火傷、又は内部臓器火傷 Pain, fibrillation, cardiac arrest, respiratory arrest, skin burn, or internal organ burn	5	
熱エネルギー Thermal Energy	電気発火・火災 Electrical ignition and spread of fire	電氣的に引き起こされる火災 (痛み、傷害、組織損傷を伴う) Electrically-caused fire leading to burn- related pain, or injury, or property damage	6	
化学エネルギー Chemical energy	電極・有毒物質 Electrolyte, poison	皮膚損傷、肺、臓器等の損傷、又は中毒 Skin damage, lung, and other organ damage, or poisoning	7	
力学(運動)エネルギー Kinetic energy	可動部・人体接近 Moving parts or a moving body against equipment	切り傷、刺し傷、擦り傷、打撲、つぶされ、 切断、 手足、眼、耳、その他の損失 Laceration, puncture, abrasion, contusion, crush, amputation, or loss of a limb, eye, ear etc.	8	
熱エネルギー Thermal energy	高温接触部品 Hot accessible parts	皮膚火傷 Skin burn	9	
放射エネルギー Radiated energy	電磁気・光・可聴音 Electromagnetic, optical or acoustic energy	視界損失、火傷、聴覚障害 Loss of sight, skin burn, or loss of hearing	10	

※IEC62368-1

Audio/video, information and communication technology equipment –
Part 1: Safety requirements

【参考】

一般に安全規格(ISO/IEC)では、危険なエネルギーを使用する機械・装置に対して、下記のような危険が発生する可能性を想定して安全基準、及びその防止方法の技術基準を規定しています。

1. 電氣的に引き起こされる傷害(感電)
2. 電氣的に引き起こされる火災
3. 化学的に引き起こされる傷害
4. 機械的に引き起こされる傷害
5. 火傷の危険
6. 放射の危険

・安全基準と法規制・規格(機械装置)の俯瞰表_Rev1

<http://fujisafety.jp/files/case/JS1-No5-2.pdf>

・安全基準と法規制・規格(半導体製造装置)の俯瞰表_Rev0

<http://fujisafety.jp/files/case/JS1-No5-3.pdf>

(2) 伝達メカニズムが特定でき次第、セーフガードが特定できる。
 そして、セーフガードのための性能 要求事項が確立される。

1. 必要なセーフガードを特定する。

- ① 機械セーフガード
 - ・機械の物理的要素による防護方策を行う。
- ② 設置セーフガード
 - ・人為的な設置の物理的要素を考慮する。
 - ・一般的に機械の設置マニュアル(指示書)に記載される。
- ③ 指示セーフガード
 - ・修理・点検を行うために機器が動作しているエリアにアクセスする場合、危険エネルギーとの接触を避ける方法を指示する。

※指示セーフガードによって、一般の人が教育された人になることはない。
- ④ 予防セーフガード
 - ・スキルを持った人によるトレーニング、経験及び監督による。
- ⑤ スキルセーフガード
 - ・教育、研修、知識及び経験など。

2. セーフガードの特性、及び基準(場所・パラメータ・構造など)を定める。

機械・装置のユーザーだけでなく、機械にアクセス可能な、又は機械の周辺にいる人も含まれる。

(3) 最終ステップは、セーフガードの有効性を検証することで、この段階で何かエラーがあれば、発見され修正が必要となる。

