

Safety issues for Detectors

T. Tauchi

Mini-Workshop on ILC Infrastructure and CFS for Physics
and Detectors, KEK, 23 February 2018

Material Strength and Allowable stress

		Material		Steel	Aluminum	Stainless
				SS400	AC4C – T5	SUS304
Material strength	Tensile (σ_u)	N/mm2 (=MPa)		400	137	520
	Yield (σ_y)	N/mm2		205	108	205
	F -1	F-1 = σ_y		205	108	205
	F-2	F-2 = $0.7 \cdot \sigma_u$		280	96	364
	F	Smaller value		205	108	205
Material Allowable Stress with individual safety factors	Allowable stress(MPa)					
	Tension	$f_t = F/1.5$		137	72	137
	Shearing	$f_s = F/(1.5\sqrt{3})$		79	42	79
	Bending	$f_b = F/1.3$		158	83	158
	Hertz stress	$f_p = F/1.1$		186	98	186
	Bolt(Tension)	$f_t = F/2$		103	54	103
	Bolt(Shear)	$f_s = F/(1.5\sqrt{3})$		79	42	79
	Bolt(Hertz)	$f_p = 1.25F$		256	135	256
	Roller	$f_p = 1.9F$		390	205	390
	Welding(PT)	$f_s = F/(1.5\sqrt{3})$		79	42	79
	Welding(No PT)	$f_s = 0.45F/(1.5\sqrt{3})$		36	19	36
				237@Bend		
	Earthquake	(Above)x1.5		(=158x1.5)		

We started to look for local regulations for cables, pressurized systems, fire protections, etc, by consulting a design company. There seems to be no specific regulations for the deep underground usages. However, you have to follow regular laws such as Electrical Appliance and Material Safety Law, Fire Service Act, High pressure gas safety law, Act on Prevention of Radiation Damage by Radioisotope, Building Standards Law and corresponding rules at KEK as well. The company will collect useful informations with respect to these laws.

For an example, the ECO cables have recently been required to be used for safety, and any flammable material must be avoided as much as possible.

T. Tauchi, 21 April 2017

The underground laboratory will be subject to the Building Standards Law and will be subject to the Fire Service Act (M. Miyahara)

5 MPa of compressed air for the air pads during the push-pull operation

Is the ILD (SiD) within the scope of technical standards of electrical equipment by Electricity Business Law ? under survey by a consulting company

Regarding regulations concerning electrical equipment ;

Electricity Business Law shall be applied, where

The detector (ILD) is categorized in the demand facilities

For the demand facilities, it is not necessary to submit a notification to the Supervisory Department, but it is necessary to satisfy the technical standards of electrical equipment as voluntary safety.

Electricity Business Law

Definition of Electric Facilities

The definition of electric facilities is prescribed in Article 2, paragraph 14 of the Electricity Business Law, and those to be applied to the Electricity Business Law are described as;

- The power generation, substation, electricity supply or distribution and machines, instruments, dams, waterways, reservoirs, lines or others for use of electricity.

However, among those installed in ships, vehicles, aircraft, etc., each is independent and many of them are not electrically connected and are regulated by other laws, so they are excluded from the Electricity Business Law

Types of Electric Facilities

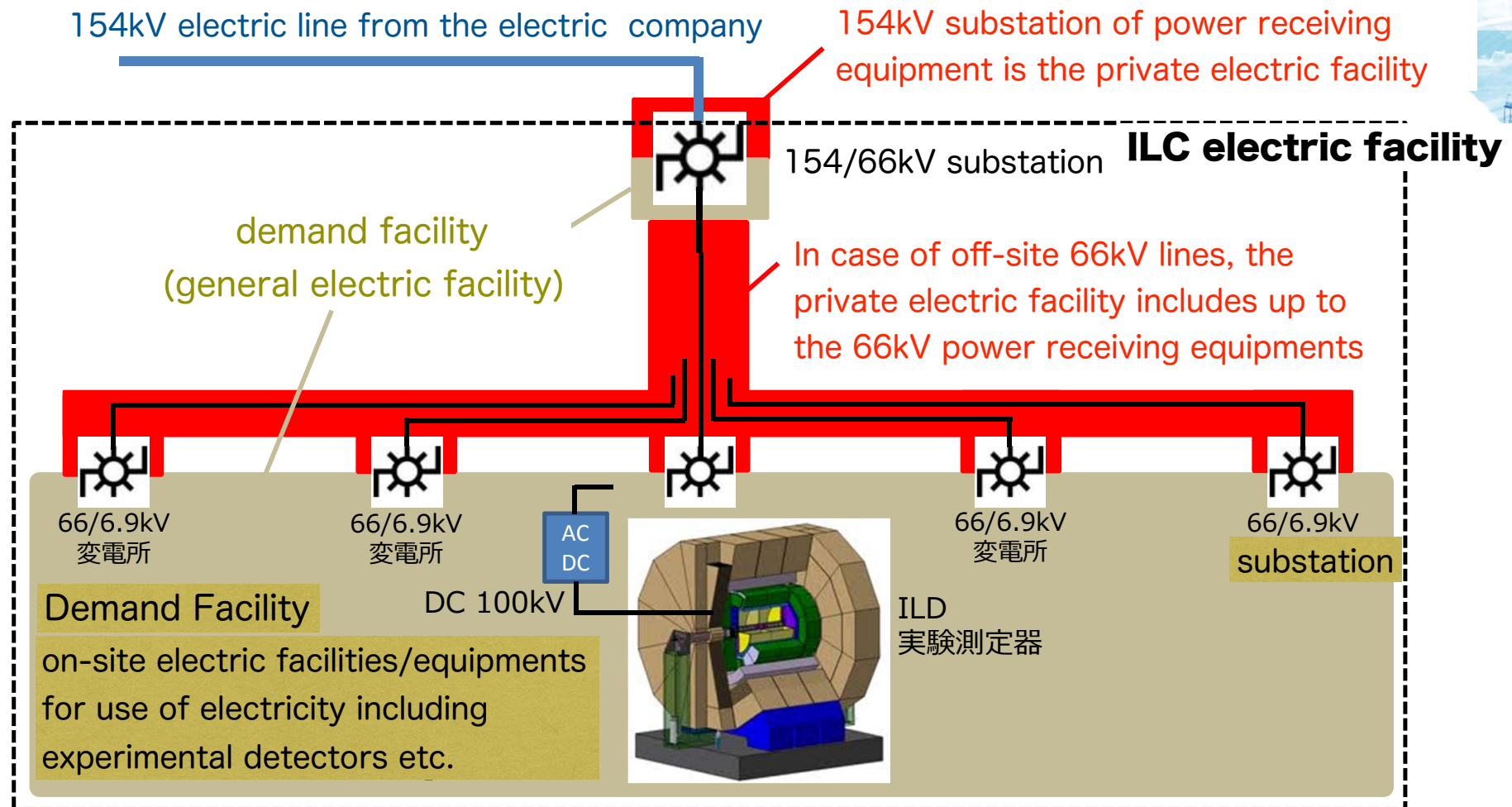
The types of electric facilities are stipulated in Article 38, paragraphs 1, 3, and 4 of the Electricity Business Law.

1. Electric facilities for general use: General households (including small output power generation facilities)
2. Electric facilities for business: other than the above ones for general use
 - 2-1. Business Electric Facilities: e.g. Tokyo Electric Power Company Co., Ltd.
 - 2-2. Private Electric Facilities: e.g. Electric facility (such as demand facility) of a business establishment etc. receiving electricity at a voltage higher than the high voltage from an electric utility like a factory or a building

note : KEK is a private electric facility, and ILC is also.

Classification of the electric facilities at ILC

Engineering for the NEXT



- ◆ It is necessary to satisfy the technical standards of electrical equipment as voluntary safety

Electricity Business Law

1. 総 説

電気工作物の定義 Definition of Electric Facilities

電気事業法第2条第14項に電気工作物の定義が規定されており、電気事業法の適用を受ける電気工作物の範囲が定められている。

・発電、変電、送電若しくは配電又は電気の使用のために設置する機械、器具、ダム、水路、貯水池、電線路その他の工作物をいう。

但し、このうち船舶、車両、航空機等に設置されているものについては、それぞれが独立していて、他と電氣的に接続されていないものが多く、また他の法律によって規制を受けているため、電気事業法から除外されている。

電気工作物の種類 Types of Electric Facilities

電気事業法第38条第1項、3項、第4項に電気工作物の種類が規定されている。

- イ. 一般用電気工作物：一般家庭等（小出力発電設備を含む）
- ロ. 事業用電気工作物：一般電気工作物以外の電気工作物
 - ロー1. 電気事業の用に供する電気工作物：東京電力(株)等
 - ロー2. 自家用電気工作物：電気事業の用に供する電気工作物及び一般用電気工作物以外の電気工作物
本機構は自家用電気工作物に該当する。

Regulation of private electric facilities

電気事業法第42条、第3項に自家用電気工作物の規制等が規定されている。

（保安規程）

第42条 事業用電気工作物を設置する者は、事業用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安を確保するため、経済産業省令で定めるところにより、保安を一体的に確保することが必要な事業用電気工作物の組織ごとに保安規程を定め、当該組織における事業用電気工作物の使用の開始前に、経済産業大臣に届けなければならない。

- 2 事業用電気工作物を設置する者は、保安規程を変更したときは、遅滞なく変更した事項を経済産業大臣に届けなければならない。
- 3 略
- 4 事業用電気工作物を設置する者及びその従業者は、保安規程を守らなければならない。

第43条 事業用電気工作物を設置する者は、事業用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせるため、経済産業省令で定めるところにより、主任技術者免状の交付を受けている者のうちから、主任技術者を選任しなければならない。

2, 3, 4, 5 略

2. 電気設備の工事、維持及び運用

technical standards of electrical equipment

用語の説明

工事：電気工作物とその目的に適合するように計画、設計、仕様、見積、発注、施工及び検収する一連の概念をいう。

維持：電気工作物の状態を危険のないように巡視、点検及び試験測定し、その機能の低減を抑制すること。

運用：電気設備の本来の目的に働かせ用いること。

電気設備工事の基本事項

(1) 電圧の種類 Types of Voltages

	直 流 (DC)	交 流 (AC)
低 圧	750V 以下	600V 以下
高 圧	750V 超過 7,000V 以下	600V 超過 7,000V 以下
特別高圧	7,000V 超過	7,000V 超過

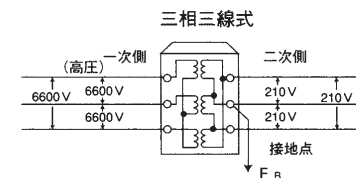
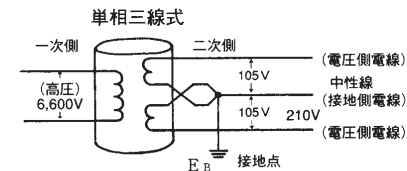
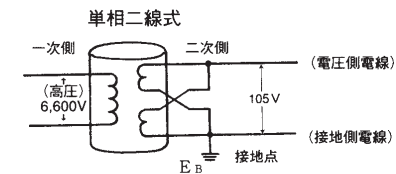
Low HV
High HV
Special HV

Special HV for
TPC 100kV cables

(2) 電気配線方式

- ・単相二線式：低圧配線用、電圧100V又は200Vのいずれかのみ使用できる。
- ・単相三線式： \sphericalangle 、電圧100V及び200Vを同時に使用できる。
- ・三相三線式： \sphericalangle 、高圧配線用、特別高圧配線用

電圧200V、400V、6,600V、66,000Vのいずれかのみ使用できる。



technical standards of electrical equipment

【特別高圧ケーブル】（省令第21条、第57条第1項）

第11条 使用電圧が特別高圧の電路（電気機械器具内の電路を除く。）の電線に使用する特別高圧ケーブルは、次の各号に適合するものを使用すること。

- 一 通常の使用状態における温度に耐えること。
- 二 絶縁した線心の上に金属製の電氣的遮へい層又は金属被覆を有するものであること。ただし、第127条第2項の規定により施設する特別高圧水底電線路に使用するケーブルは、この限りでない。
- 三 複合ケーブルは、弱電流電線を電力保安通信線に使用するものであること。

第11条【特別高圧ケーブル】

【解 説】 特別高圧の電気工作物は、技術的に高度のレベルで安全率も非常に高くとられるのが一般的であることから、特別高圧ケーブルについては、基本的な必要性能を示すのみとし、電氣的遮へい層のあるものを使用することという概念的な規定にとどめ、ケーブルそのものについての絶縁性能規定はない。ただし、**第15条**の絶縁耐力試験に耐えるものでなければならないので、この面からの制約を受けることになる。

過去の解釈には、絶縁確保に関わる材料の規定があったが、技術革新が進み、材料面の制約は必要ないとの判断から、^②解釈で削除した。

第一号は、**第5条第1項第一号**と同様の趣旨で、電線の熱的性能を定めている。

第二号は、電線の電氣的性能として、電氣的遮へい性能が必要なことを示している。特別高圧水底ケーブルについては**前条第1項第二号**と同様の理由により、電氣的遮へい層を有しないものとしてすることができる。

一般的に使用されている特別高圧ケーブルの例としては、合成樹脂絶縁ケーブル、パイプ型圧力ケーブル、鉛被ケーブル及びアルミ被ケーブルがあり、更にこれらのものに保護被覆等ケーブルに比べ保安レベルが上がると考えられるものを施したものもある。合成樹脂絶縁ケーブルには、絶縁体がそれぞれポリエチレン混合物、ブチルゴム混合物、エチレンプロピレンゴム混合物である、ポリエチレン絶縁ビニル外装ケーブル、ブチルゴム絶縁クロロプレン外装ケーブル、エチレンプロピレンゴム絶縁クロロプレン外装ケーブル等がある。

なお、ケーブルに金属被覆を要求しているのは、空気又は湿気の侵入を防ぐとともに電界強度の分布を一樣にし、かつ、地中等への漏れ電流の流出を防ぐためである。合成樹脂絶縁のケーブルは、紙絶縁のものと違い、絶縁油を使用していないため金属被覆の必要がなく、電界強度の分布を一樣にし、又は地中への漏れ電流の流出を防ぐには金属テープ等による電氣的遮へい層があればその目的を達する。

以前は、特別高圧ケーブルとして154kV～275kV級のものはOFケーブルが一般的であったが、架橋ポリエチレン絶縁ケーブルの研究開発が進み、275kV・500kV級でも長距離地中送電用として使用されている。

第三号は、複合ケーブルでは弱電流電線であっても常時電圧が誘起して非常に危険であるため、当該弱電流電線の使用は、電気の知識が十分にある人が管理する電力保安通信線に限定する趣旨である。

technical standards
of electrical equipment

【高圧又は特別高圧の電路の絶縁性能】（省令第5条第2項）

第15条 高圧又は特別高圧の電路（第13条各号に掲げる部分、次条に規定するもの及び直流電車を除く。）は、次の各号のいずれかに適合する絶縁性能を有すること。

- 一 15-1表に規定する試験電圧を電路と大地との間（多心ケーブルにあつては、心線相互間及び心線と大地との間）に連続して10分間加えたとき、これに耐える性能を有すること。
- 二 電線にケーブルを使用する交流の電路においては、15-1表に規定する試験電圧の2倍の直流電圧を電路と大地との間（多心ケーブルにあつては、心線相互間及び心線と大地との間）に連続して10分間加えたとき、これに耐える性能を有すること。

15-1表

電路の種類				試験電圧
最大使用電圧が7,000V以下の電路	交流の電路			最大使用電圧の1.5倍の交流電圧
	直流の電路			最大使用電圧の1.5倍の直流電圧又は1倍の交流電圧
最大使用電圧が7,000Vを超え、60,000V以下の電路	最大使用電圧が15,000V以下の中性点接地式電路（中性線を有するものであって、その中性線に多重接地するものに限る。）			最大使用電圧の0.92倍の電圧
	上記以外			最大使用電圧の1.25倍の電圧（10,500V未満となる場合は、10,500V）
最大使用電圧が60,000Vを超える電路	整流器に接続する以外のもの	中性点非接地式電路		最大使用電圧の1.25倍の電圧
		中性点接地式電路	中性点が直接接地されている発電所又は変電所若しくはこれに準ずる場所に施設するもの	最大使用電圧の0.64倍の電圧
			上記以外の中性点直接接地式電路	最大使用電圧の0.72倍の電圧
		上記以外		最大使用電圧の1.1倍の電圧（75,000V未満となる場合は、75,000V）
	整流器に接続するもの	交流側及び直流高電圧側電路		交流側の最大使用電圧の1.1倍の交流電圧又は直流側の最大使用電圧の1.1倍の直流電圧
		直流側の中性線又は帰線（第201条第六号に規定するものをいう。）となる電路（周波数変換装置（FC）又は非同期連系装置（BTB）の直流部分等の短小な直流電路において、異常電圧の発生のおそれのない場合は、絶縁耐力試験を行わないことができる。）		次の式により求めた値の交流電圧 $V \times (1/\sqrt{2}) \times 0.51 \times 1.2$ Vは、逆変換器転流失敗時に中性線又は帰線となる電路に現れる交流性の異常電圧の波高値（単位：V）

（備考）電位変成器を用いて中性点を接地するものは、中性点非接地式とみなす。

- 三 最大使用電圧が170,000Vを超える地中電線路であつて、両端の中性点が直接接地されているものにおいては、最大使用電圧の0.64倍の電圧を電路と大地との間（多心ケーブルにあつては、心線相互間及び心線と大地との間）に連続して60分間加えたとき、これに耐える性能を有すること。
- 四 特別高圧の電路においては、日本電気技術規格委員会規格 JESC E7001（2015）「電路の絶縁耐力の確認方法」の「3. 1 特別高圧の電路の絶縁耐力の確認方法」により絶縁耐力を確認したものであること。

Cables for the detectors

use the ECO cables (EM - ○○···)

Reference : <http://www.tominagadk.co.jp/eng/ecocable.html>

In contrast to conventional PVC cables, eco-cables use polyethylene resins. For this reason, they do not contain halogen elements such as chlorine or heavy metals like lead, and they are easy to recycle, earning them attention as environmentally-friendly products.

Eco-cables were standardized in 1998 by The Japanese Electric Wire & Cable Maker's Association upon request by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. Standards have been established for eco-cables used in low voltage power, control, security alarm and communication applications. With the assumption that they are equal or superior to conventional PVC electric wires/cables in their general performance, they have been standardized under the following four conditions.

- (1) The product does not use PVC or contain halogens or lead, and it does not release hazardous substances such as dioxins upon disposal by combustion or landfill
- (2) The product meets the criteria for flame resistance (JISC3005 Inclined flame test) prescribed by the Electrical Appliance and Material Control Act
- (3) The product is easy to recycle
- (4) The product uses a unifying name/symbol

Gas operation for chambers

use the Oxygen concentration meter and the alarm device

Helium operation for the solenoid and the QD0 magnets

use the Oxygen failure warning monitor

Minimum sizes (cross sections) of cables

○ケーブルの太さの選定は最小の太さ以上のサイズを選定すること。

(参考法令：電気設備の技術基準の解釈第 170 条及び第 171 条)

1. Allowable current in cables

(低圧 EM-CE3 芯又は EM-CE-T ケーブル、低圧 CV3 芯又は CV-T ケーブル)

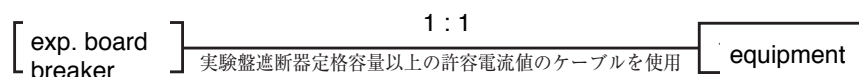
size (mm ²)	allowable current(A)		size (mm ²)	allowable current(A)	
	EM-CE 3 芯 CV 3 芯	EM-CE-T CV-T		EM-CE 3 芯 CV 3 芯	EM-CE-T CV-T
2	23		60	190	210
3.5	33		100	260	290
5.5	44		150	340	380
8	54		200	410	465
14	76	86	250	470	535
22	100	110	325	555	635
38	140	155			

EM-CE is a 600 V cross-linked polyethylene insulated polyethylene sheath cable, and EM-CE-T is the same single-core three-twisted (triplex) type cable.

CV is a 600 V crosslinked polyethylene insulated vinyl sheath cable, and CV - T is the same single core 3 twisted (triplex) type cable.

2. The breaker trip capacity when connecting to the load from the laboratory board and the minimum size of the cable

イ. 実験盤 2 次側端子に負荷ケーブルを 1 本接続する場合



1 本接続負荷ケーブルサイズ早見表

(低圧 EM-CE3 芯又は EM-CE-T ケーブル、低圧 CV3 芯又は CV-T ケーブル)

breaker trip capacity (A)	size (mm ²)	breaker trip capacity (A)	size (mm ²)
20	2	300	150, T 150
30	3.5	400	200, T 200
50	8	500	325, T 250
60	14	600	T 325
75	14, T 14	700	T 150 × 2
100	22, T 22	800	T 200 × 2
150	60, T 38	1000	T 250 × 2
200	100, T 60	1200	T 325 × 2
225	100, T 100		

※ T : EM-CE-T 又は CV-T ケーブル

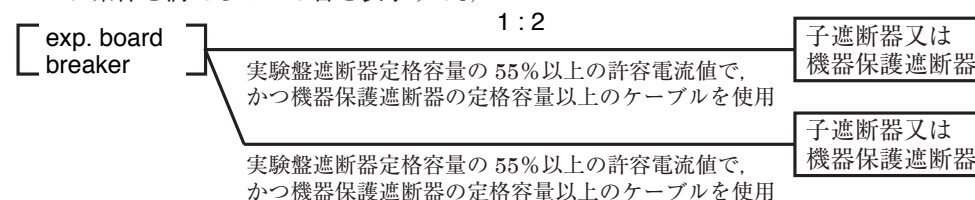
Cables : Harmful halogen gas and dioxin are not generated at the time of combustion, and generation of smoke is also less

・ It does not contain heavy metals such as lead

・ Flame retardance

ロ. 実験盤 2 次側端子に負荷ケーブルを 2 本接続する場合

(やむを得ない場合は 2 本まで接続できるが、2 本接続した場合は実験盤遮断器のケーブルに条件を満たしている旨を表示する。)



2 本接続負荷ケーブルサイズ早見表

(低圧 EM-CE3 芯又は EM-CE-T ケーブル、低圧 CV3 芯又は CV-T ケーブル)

breaker trip capacity (A)	size (mm ²)	breaker trip capacity (A)	size (mm ²)
20	2	300	60, T 60
30	2	400	100, T 100
50	3.5	500	150, T 100
60	3.5	600	150, T 150
75	5.5	700	200, T 200
100	14	800	250, T 200
150	22, T 14	1000	325, T 325
200	38, T 22	1200	T 150 × 2
225	38, T 38		

※ T : EM-CE-T 又は CV-T ケーブル

Electrical safety inspection

○ When newly installing, adding, modifying or removing an electrical workpiece that meets any of the following conditions, you should be inspected by an electrical chief engineer or an electrical equipment supervisor engineer for experimental research.

- ・ Experimental equipment in which the charging section including bare wiring is exposed
- ・ Experimental apparatus exceeding the DC 750 V, AC 600 V
- ・ Experimental apparatus connected to a breaker of 100 A or more

from the KEK Electrical Safety Instructions

(4) Calculation method of wire thickness and voltage drop

1. 幹線の電圧降下の計算は特殊回路を除いては、次式によるものとする。

幹線の配電方式	電圧降下	電線の切断面積
直流 2 線式、単相 2 線式	$e = \frac{35.6 \times L \times I}{1,000 \times A}$	$A = \frac{35.6 \times L \times I}{1,000 \times e}$
三 相 3 線 式	$e = \frac{30.8 \times L \times I}{1,000 \times A}$	$A = \frac{30.8 \times L \times I}{1,000 \times e}$
単相 3 線式、三相 4 線式	$e' = \frac{17.8 \times L \times I}{1,000 \times A}$	$A = \frac{17.8 \times L \times I}{1,000 \times e'}$

ただし、上式は各相電流が平衡した場合に対するものである。

e：各線間の電圧降下 (V)

e'：中性線との間の電圧降下 (V)

A：電線の断面積 (mm²)

L：電線 1 条の長さ (m)

I：電流 (A)

2. 幹線の種別が大容量ケーブルやバスダクトなどの場合には、次式により算出する。

単相回路の場合
$$e = 2 \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \cdot I$$

三相
$$e = \sqrt{3} \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \cdot I$$

e：線間の電圧降下 (V)

R：電線 1 条の抵抗 (Ω)

X：電線 1 条のリアクタンス (Ω)

I：負荷電流 (A)

cos θ：負荷の力率

幹線の亘長が 60m 以下のとき

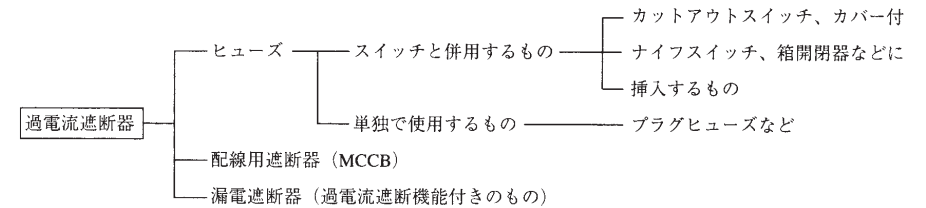
供給方式	幹線の電圧降下	分岐回路の電圧降下
一般供給の場所	2 % 以下	2 % 以下
受電設備のある場合	3 % 以下	2 % 以下

幹線の亘長が 60m を越えるとき

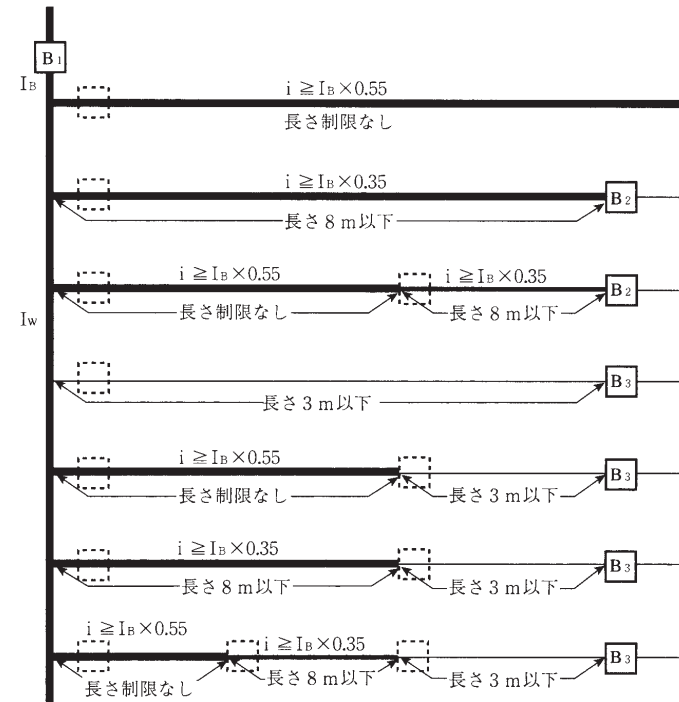
供給方式	幹線の亘長			分岐回路の電圧降下
	120m 以下	200m 以下	200m を超える	
一般供給の場所	2 % 以下	3 % 以下	4 % 以下	2 % 以下
受電設備のある場合	3 % 以下	4 % 以下	5 % 以下	2 % 以下

- (5) 過電流遮断器の種類及び過電流遮断器の取付場所

過電流遮断器の種類



過電流遮断器の取付場所










【備考】記号の意味は、次のとおりである。

- (1) $\boxed{B_1}$ ：太い幹線を保護する過電流遮断器
- (2) $\boxed{B_2}$ ：細い幹線を保護する過電流遮断器又は分岐回路を保護する過電流遮断器
- (3) $\boxed{B_3}$ ：分岐回路を保護する過電流遮断器
- (4) $\boxed{}$ ：省略できる過電流遮断器
- (5) I_B ： $\boxed{B_1}$ の定格電流
- (6) I_w ： $\boxed{B_1}$ が保護する太い幹線の許容電流
- (7) i ：細い幹線の許容電流

Standards of wires and cables

(3) 電線・ケーブル等の規格

電線・ケーブル等は、必ず下記の認定表示のある製品を使用してください。

Certification indication	規格名称	適用品	表示方法
	J I S (日本工業規格)	電気一般、認定及び試験用機械器具、材料、電線、ケーブル、及び電路用品、電気機械器具、通信機器、電子機器、及び部品、情報処理、真空管、電球、照明器具、配線器具、電池、電気応用機械器具	容易に消えない方法
	電気用品安全法 (特定電気用品)	電線、電気温床線、電線管類及び付属品並びにケーブル、配線用スイッチボックス、ヒューズ、配線器具、電流制限器、小形单相変圧器、電圧調整器、放電灯用安定器、小形交流電動機、電熱器具、交流電気機械器具	〃
	電気用品安全法 (特定電気用品以外の電気用品)	電動力応用機械器具、光源及び光源応用機械器具、電子応用機械器具、交流用電気機械器具	〃
第三者認証表示  等			
J I L 適合マーク 	建築基準法 (自主評定委員会)	蓄電池内蔵器具、電源別置き器具、バッテリーユニットなど	張り付け
社団法人電線総合技術センターの例 	消 防 法 (登録認定機関)	電 線 (表記例) トウロクニンテイキカン J C T 	適切な箇所に連続表示

from the KEK Safety Guide Book

Japanese Industrial Standards (JIS)

Electrical Appliances and Safety
(Specific electric appliances)

Use those with the marks of PSE

Electrical Appliances and Safety
(Other than Specific electric appliances)

Building Standards Law
(Voluntary assessment committee)

Fire Service Act
(Registration accreditation body)

HIGH-PRESSURE GAS

- ◆ Highly compressed gas above 1 MPa and liquefied gas above 0.2 Mpa are regulated by the law of high-pressure gas safety.

ELECTRICITY

- ◆ Work on live wires is strictly forbidden, when you check and/or improve electrical facilities.

CRANE AND MOVERS FOR HEAVY LOADS

- ◆ For the operation of a crane or a mover for heavy load, such as a forklift, a car equipped crane, electric car and a mover dedicated specially, a license or a qualification, which is corresponding each facility, is required in advance.

HEIGHT WORKING

- ◆ Working at the place higher than 2 m is defined as a height working.
- ◆ A height working requires footholds and fences in order to prevent falling down.

OXYGEN SHORTAGE

- ◆ The caution for oxygen shortage is required in a tank, a tunnel, a pit or an underground drain.
- ◆ Ventilation is required in the place where a large amount of gases are discharged
- ◆ The oxygen density of 18% should be kept at least in the air, because the air of less than 16% is dangerous.

HIGH-PRESSURE GAS SAFETY ACT

High pressure gas is widely used in industrial activities, and when handling it wrongly, not only business establishments, but also there is a fear that it will cause a lot of damage to the surrounding area. Therefore, the High Pressure Gas Safety Act is enacted with the aim of securing public safety to prevent disasters caused by the accidents.

To achieve the objective,

- ① To regulate permission and inspection etc. by administrators for people handling high pressure gas
- ② We are promoting activities related to voluntary security by private enterprises and the High Pressure Gas Safety Institute.

Regarding regulation, production, storage, sale, transportation, importation, consumption, disposal of high pressure gas and it covers the manufacture and handling of containers in general.

Regulation contents are:

- ① Compliance with standards for facilities and equipment
- ② The placement of qualified persons is the main focus

Regarding the promotion of security activities, business operators will implement them based on their own judgment and decision,

The activity content is

- ① Security education
- ② Security inspection
- ③ Maintenance of regulations concerning the security system of business operators is the main focus.

from the KEK Safety Guide Book

WELDING

- ◆ The license or the qualification is necessary for the welding operation.

LASER

- ◆ Because laser beam has a very high-density energy, therefore even scattered light also causes losing sight, the burn or a fire as well as direct laser light.
- ◆ The use of class 3R(3A) laser is required to submit “Laser use report”.
- ◆ The use of class 3B and class 4 lasers are required to submit “Laser use report” and “Attached material” in advance, and then safety review should be accepted before the execution of the laser operation.
- ◆ Precaution signs should be displayed at the laser working area.
- ◆ Intercepting tools are prepared so that the laser should not leak outside.
- ◆ It is necessary to wear the defense tool such as the protection glasses.

Laser classification

IEC60825-1 EN-60825-1 JIS C6802-1:2005

- Laser light has high convergence, and direct light, as well as reflected light, may cause troubles, so it is necessary to pay sufficient attention when using the laser.
- As an indication of the degree of risk, classified according to JIS standard as follows, classes are displayed in laser products.

Risk	Class	Outline of classification	Estimated output (note)
Low	1	Essentially safe. Safety with both naked eye for a long time and focused observation with optical instruments. Low power beam	0.39 mW or less in continuous transmission
	1M	The naked eye observation is safe. Focussing observation using optical equipment is dangerous. Large power, large aperture, parallel light or spreading light	0.39 mW or less in continuous transmission
	2	Visible light laser (wavelength 400 to 700 nm) that is safe by blinking and evasive behavior	1 mW or less in continuous transmission
	2M	Blinking with the naked eye, safety is kept by evasive behavior. Focussing observation by optical equipment is dangerous. Large diameter low power in the visible range, parallel light or spreading light	1 mW or less in continuous transmission
	3R	Slightly dangerous (safe if you do not look directly). The risk of accidental exposure is low. Intentional beam fixation is dangerous	5 mW or less in continuous transmission
	3B	Quite dangerous (Direct viewing is dangerous and reflected light is dangerous too)	0.5 W or less in continuous transmission
High	4	Very dangerous (Direct viewing is dangerous even for diffuse reflection light, exposure to skin is also dangerous)	There is no upper limit of 0.5 W with continuous transmission

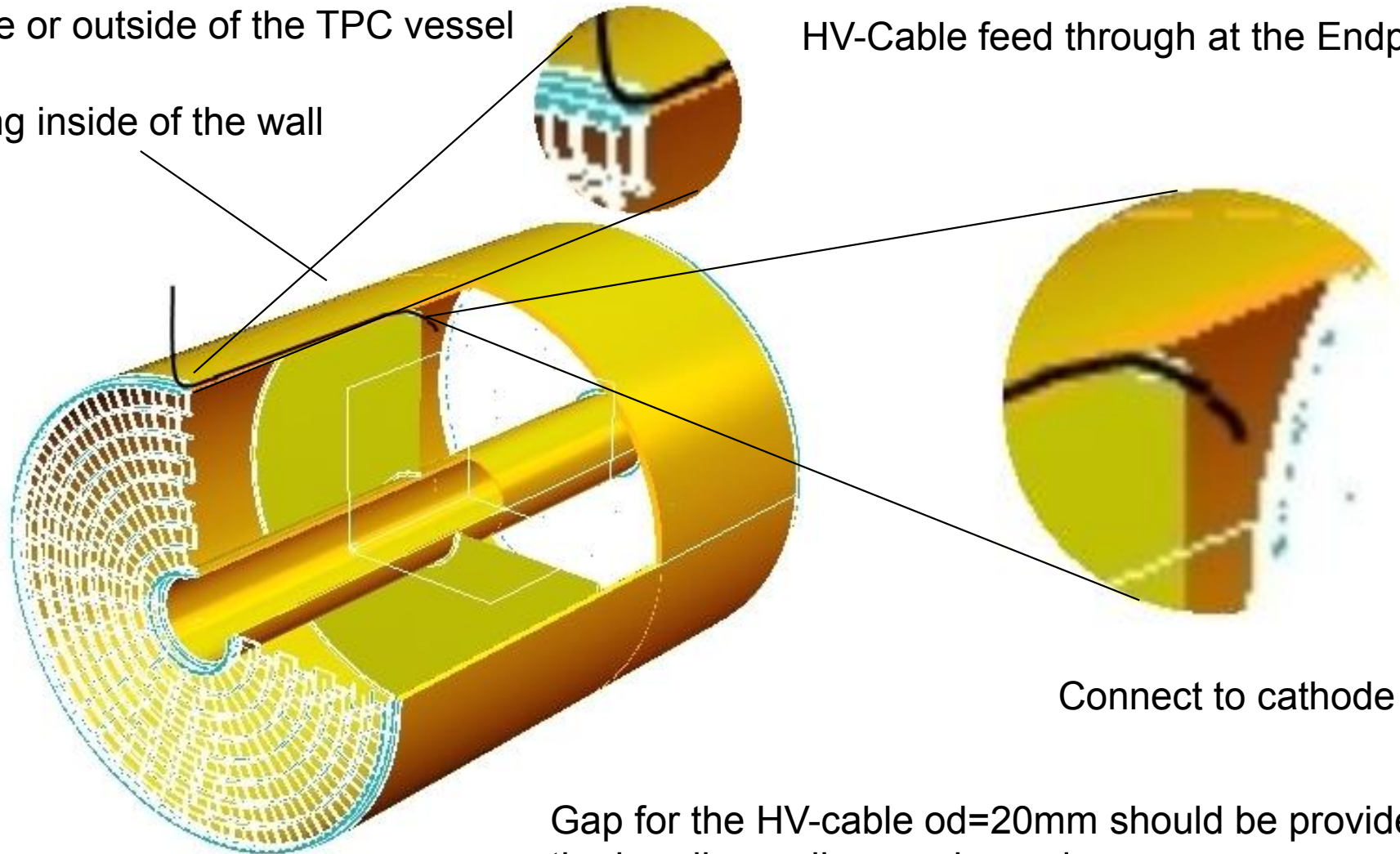
HV Cable and routing

Overview of an first idea of the HV-cable routing

Inside or outside of the TPC vessel

Laying inside of the wall

HV-Cable feed through at the Endplate



Connect to cathode

Gap for the HV-cable $od=20\text{mm}$ should be provide,
the bending radius maybe an issue

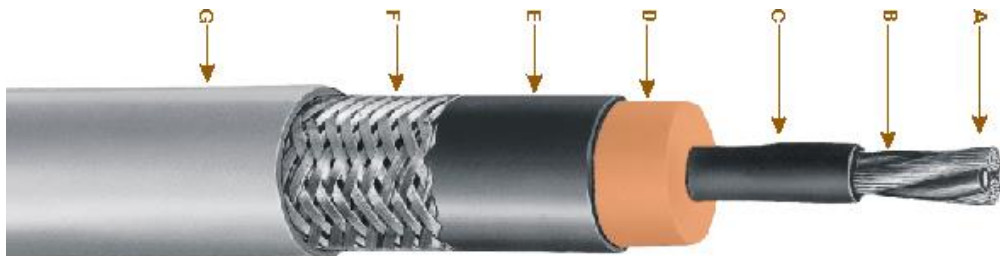
HV Cable and routing

Samples of HV-cables

Okonite Hi-Voltage Cable: www.okonite.com

100kV, od= 16,76mm,

bending radius = $4 \cdot \text{od} > 70\text{mm}$



- A** Coated Stranded Copper Conductors
- B** Polyester Insulation
- C** Extruded Semiconducting Layer
- D** Primary Insulation – Okoguard
- E** Extruded Insulation Shield
- F** Coated Copper Braid
- G** Jacket – Okoseal

It looks fulfill the regulation of “Special HV”
of the Electricity Business Law in Japan
Electrical insulation performance ?
- test with $1.1 \times 100\text{kV}$ for 10 minutes

Heinzinger HVC100 Best. No.:00.220.853.9 www.heinzinger.com

100kV, od= 14mm, bending radius min. 280mm!

FUG C 2124, Mat.- No.: 0502032124

Cross section of the HV-cable:
 $255\text{-}300\text{mm}^2$ necessary

http://www.fug-elektronik.de/webdir/PDF/e/Access_data_sheet.pdf

100kV, od= 11,2mm, bending radius min. 152mm