

第9回ILCを学び考える会

# ILCのファシリティについて考える .....榎本收志

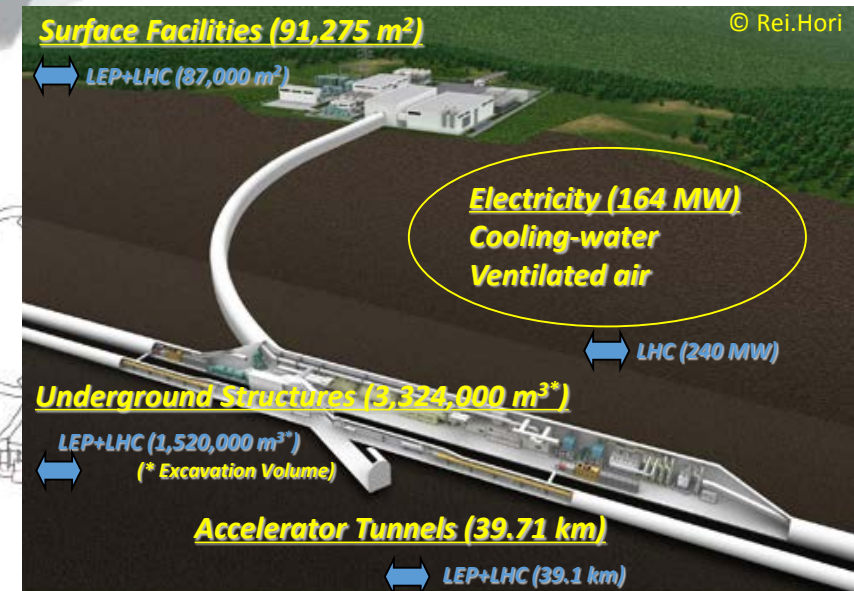
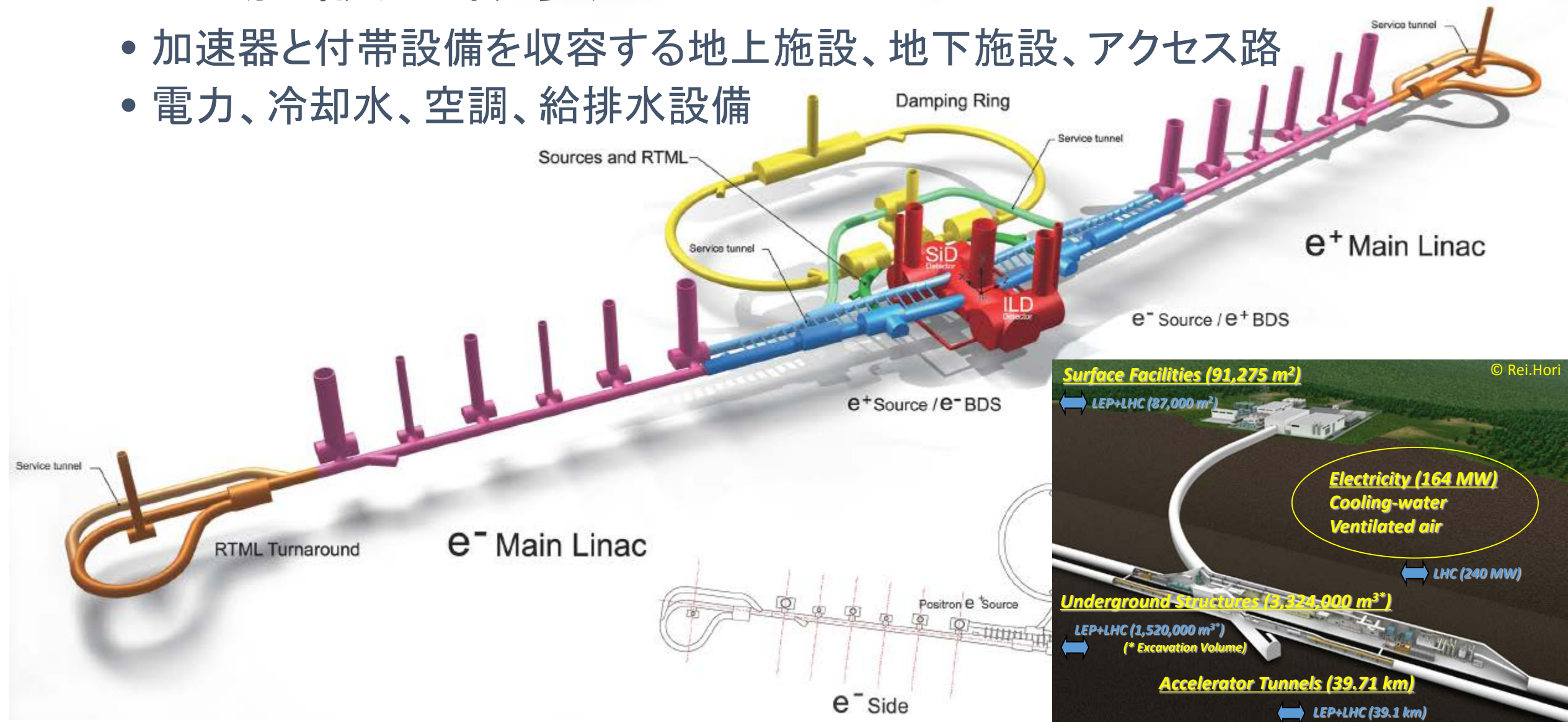
# 内容

- TDRのILCファシリティの概要と設計の現状
- (今後の課題)ILCファシリティについて考える

# TDRのILCファシリティの概要

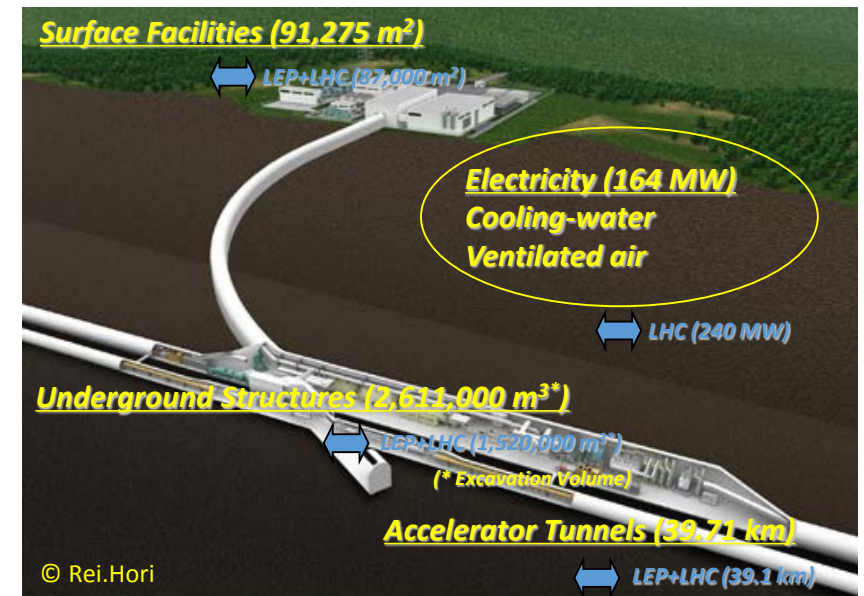
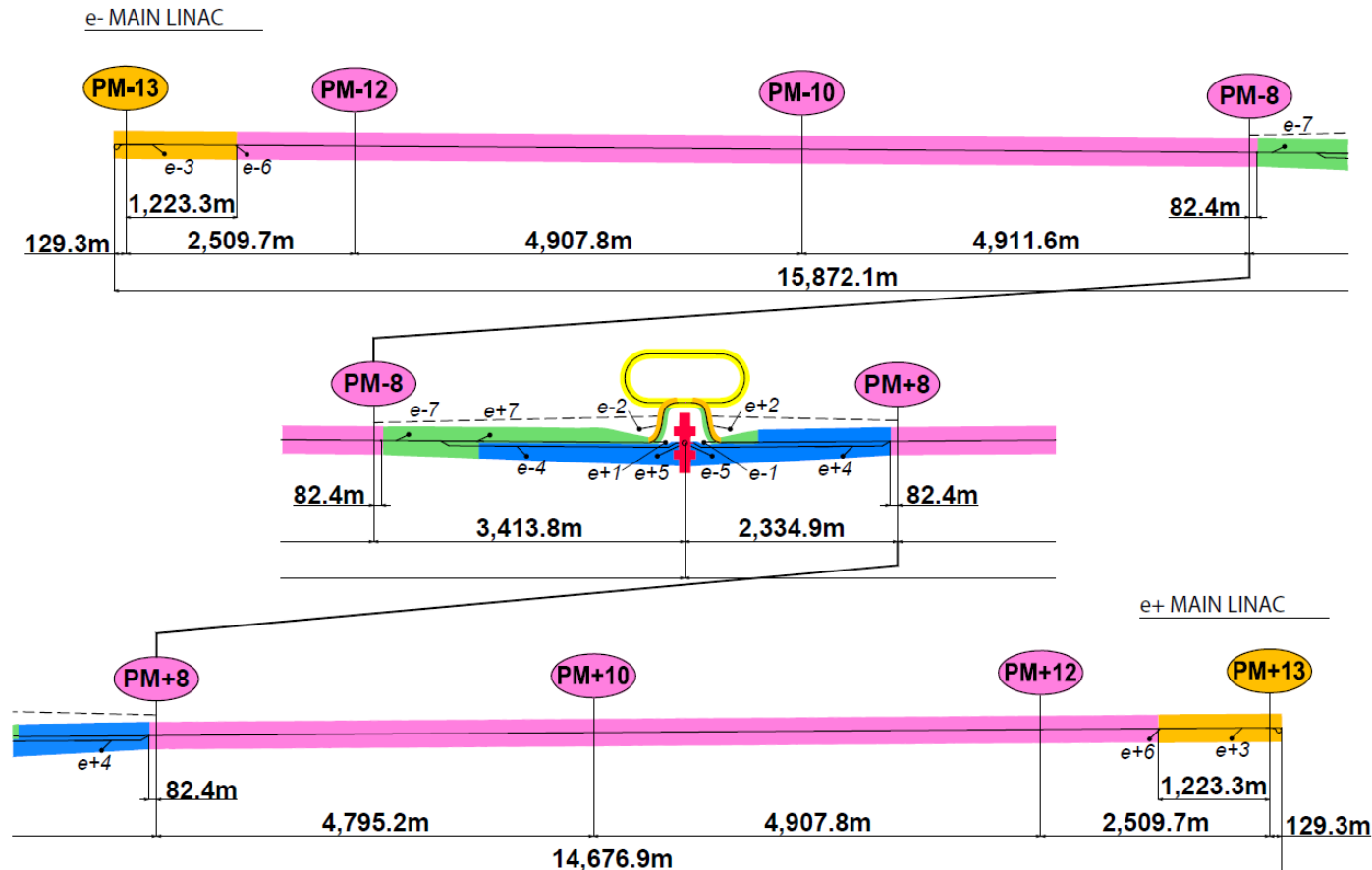
# ILC施設の概要

- 加速器と付帯設備を収容する地上施設、地下施設、アクセス路
- 電力、冷却水、空調、給排水設備



# ILC施設のサイト全長

- 重心系衝突エネルギー500 GeVで約31 km。要1 TeV50 kmのスペース。
- 電子加速器、陽電子加速器が14 mradで交差する。



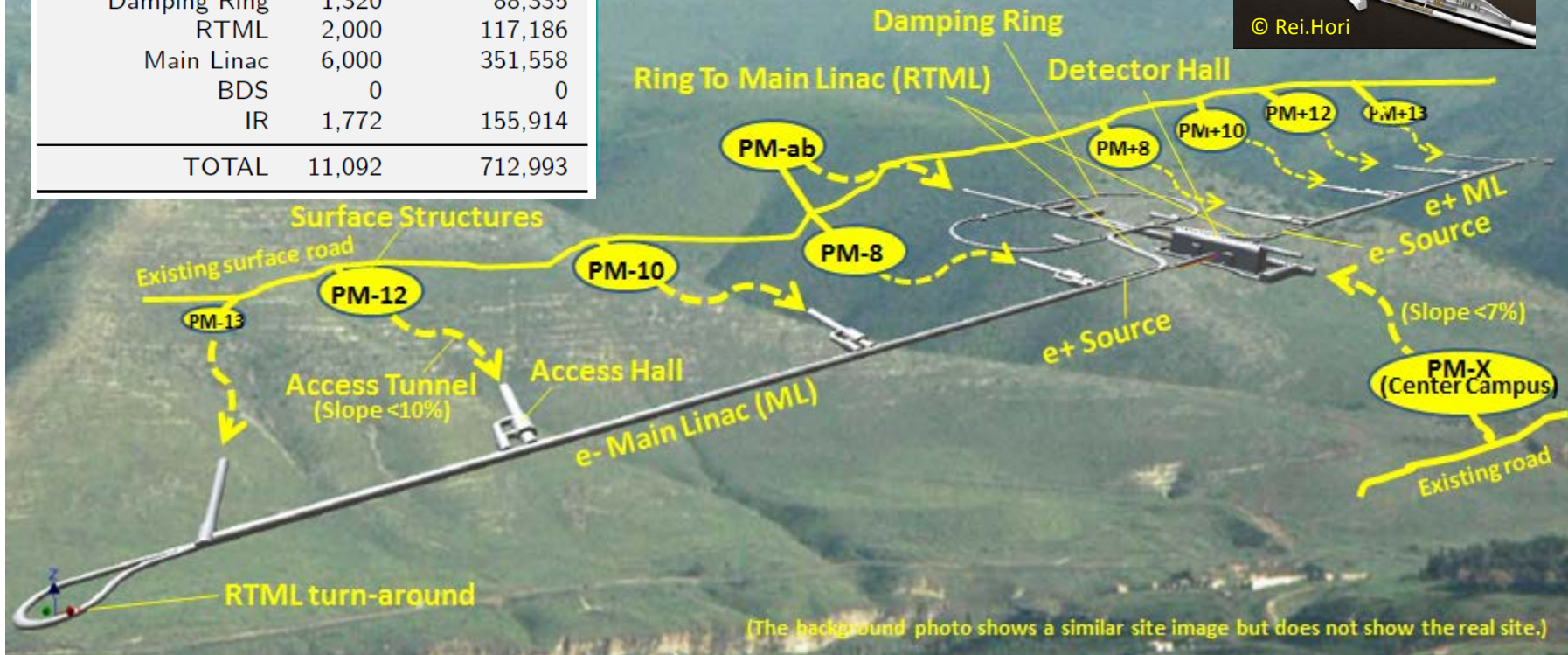
# ILC施設 地上⇔地下のアクセス

- 日本のサイトは山岳。立坑でアクセスできない場合もある。

Access  
Tunnel

*(Site) Mountainous green field not far from big towns, accessible with existing roads.  
(Facility) Smaller surface structures and underground structures.*

Accelerator section	Qty	Volume (m <sup>3</sup> )
e <sup>-</sup> source	0	0
e <sup>+</sup> source	0	0
Damping Ring	1,320	88,335
RTML	2,000	117,186
Main Linac	6,000	351,558
BDS	0	0
IR	1,772	155,914
TOTAL	11,092	712,993



# 地上施設

- (TDR)必要最小限にして地上の環境変化を少なくしたい。

PM-13	PM-12	PM-10	PM-8
0	3,450	4,250	4,300
Number of buildings	10	11	13
Area (floor)	3,450	4,250	4,300
Office for Technical Staff	1	1	1
Electric Building	1	1	1
Cooling Tower & Pump Station	1	1	1
Cooling Ventilation Building	1	1	1
Cryo- Warm Compressor			
Cryo- Surface Cold Box			
Control Rooms	1	1	1
Workshop	1	1	1
Site Access Building	1	1	1
Shaft Access	1	1	1
Underground Galleries Services	1	1	1
He Tank Platform	1	1	1

ILC Surface Buildings (TDR)				
Number of buildings		103		
Floor Area (m2)		91,275		
PM0				
DR	IR	Gen.	(total)	
0	68,900			
Number of buildings	10.0	14.0	14.0	38
Area (floor)	3,650	19,750	45,500	68,900
Office for Technical Staff		1	1	
Electric Building		2	2	
Cooling Tower & Pump Station		1	1	
Cooling Ventilation Building		1	1	
Cryo- Warm Compressor				
Cryo- Surface Cold Box				
Control Rooms				
Workshop				
Site Access Building				
Shaft Access				
Underground Galleries Services				
He Tank Platform				
Main Building (Office)		10,000	10,000	
Detector Assembly		12,000	12,000	
Service Building		14,000	14,000	
Office for technical Staff		3,600	3,600	
Office for technical Staff		200	200	
Electric Building		300	100	400
Electrical Transformer		1	1	
Cooling Tower & Pump Station		650	650	1,300
Cooling Ventilation Building		400	400	800
Beam Dump Cooling Building		300	300	600
Main Heat Plant			0	0
Computer center			1,200	1,200
Sarage for Vehicles Maintenance			1,000	1,000
Cryo- Warm Compressor			0	0
Cryo- Surface Cold Box			0	0
Control Room			1	1
Control Rooms			100	100
Workshop			450	450
Site Access Building			100	100
Shaft Access			300	300
Survey Gallery			800	800
Survey Calibration (piles)			1	1
Underground Galleries Services			150	150
Safety Buildings			1,400	1,400
Gaz Buildings			400	400
He Tank Platform			1,000	1,000
Reception			1,400	1,400
Wharehouse / Goods reception			1,200	1,200
Restaurant & Cafeteria			1,200	1,200
Hostels			2,200	2,200

PM+8	PM+10	PM+12	PM+13
3,475	3,450	3,450	0
Number of buildings	11	10	10
Area (floor)	3,475	3,450	3,450
Office for Technical Staff	1	1	1
Electric Building	1	1	1
Cooling Tower & Pump Station	1	1	1
Cooling Ventilation Building	1	1	1
Cryo- Warm Compressor			
Cryo- Surface Cold Box			
Control Rooms	1	1	1
Workshop	1	1	1
Site Access Building	1	1	1
Shaft Access	1	1	1
Underground Galleries Services	1	1	1
Laser Building	1	1	1
He Tank Platform	1	1	1



Accelerator section	Qty	Area (m <sup>2</sup> )
e <sup>-</sup> source	0	—
e <sup>+</sup> source	0	—
Damping Ring	0	—
RTML	0	—
Main Linac	65	22,375
BDS	10	3,650
IR	28	65,250
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>	<b>91,275</b>

# 地下施設

- 地下施設は数10～100 m程度の地下の花崗岩の岩盤に作られる。

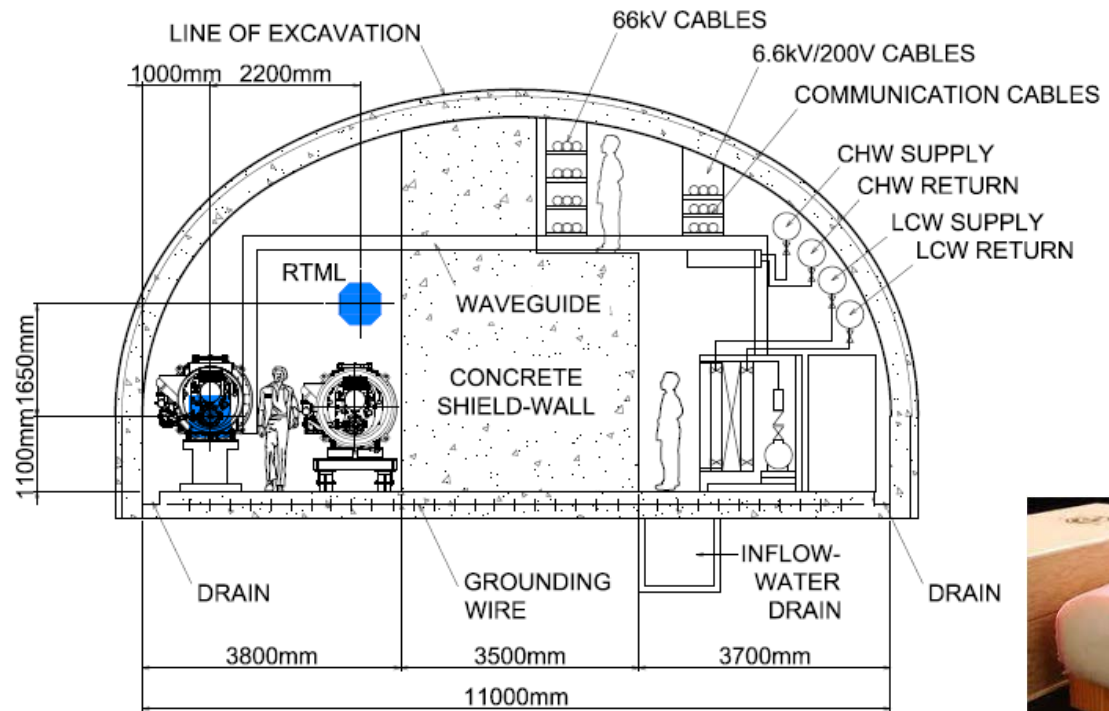
## Tunnel

Accelerator section	Length(m)	Volume (m <sup>3</sup> )
e <sup>-</sup> source (beam)	368	17,757
e <sup>-</sup> source (service)	223	4,881
e <sup>+</sup> source (beam)	1,678	67,364
e <sup>+</sup> source (service)	1,523	33,351
Damping Ring	3,239	120,352
RTML	3,305	200,237
Main Linac	22,425	1,395,754
BDS (beam)	3,847	184,019
BDS (service)	3,102	67,915
<b>TOTAL</b>	<b>39,710</b>	<b>2,091,630</b>

## Cavern

Accelerator section	Qty	Volume (m <sup>3</sup> )
e <sup>-</sup> source	0	0
e <sup>+</sup> source	0	0
Damping Ring	4	21,151
RTML	2	15,522
Main Linac	6	293,687
BDS	0	0
IR	1	189,381
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	<b>519,741</b>

主加速器は「シングルトンネル2ルーム」方式

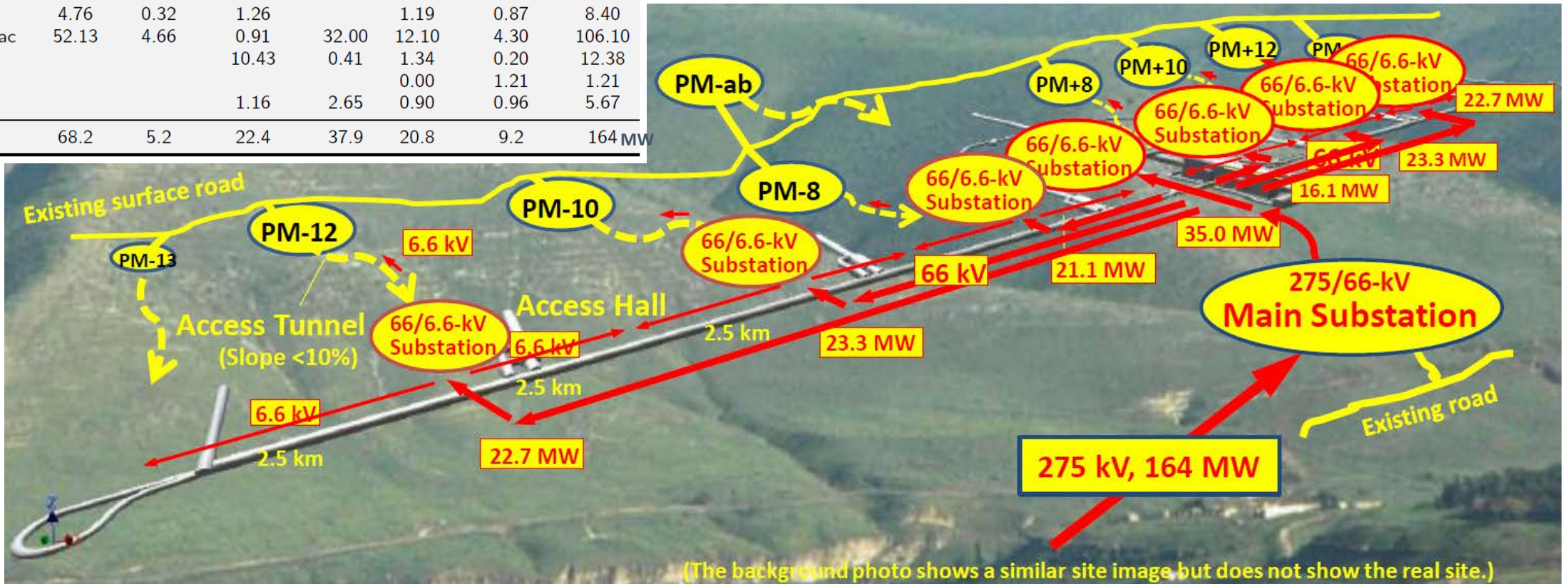
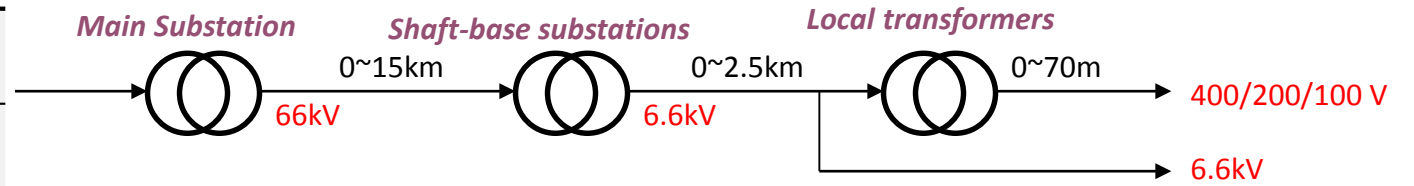




# 電気設備

- 総電力164 MWでスタート。要スペース：L増強220 MW、1 TeV300 MW。

Accelerator section	RF Power	Racks	NC magnets	Cryo	Conventional		Total
					Normal	Emergency	
e <sup>-</sup> sources	1.28	0.09	0.73	0.80	1.47	0.50	4.87
e <sup>+</sup> sources	1.39	0.09	4.94	0.59	1.83	0.48	9.32
DR	8.67		2.97	1.45	1.93	0.70	15.72
RTML	4.76	0.32	1.26		1.19	0.87	8.40
Main Linac	52.13	4.66	0.91	32.00	12.10	4.30	106.10
BDS			10.43	0.41	1.34	0.20	12.38
Dumps					0.00	1.21	1.21
IR			1.16	2.65	0.90	0.96	5.67
<b>TOTALS</b>	<b>68.2</b>	<b>5.2</b>	<b>22.4</b>	<b>37.9</b>	<b>20.8</b>	<b>9.2</b>	<b>164 MW</b>

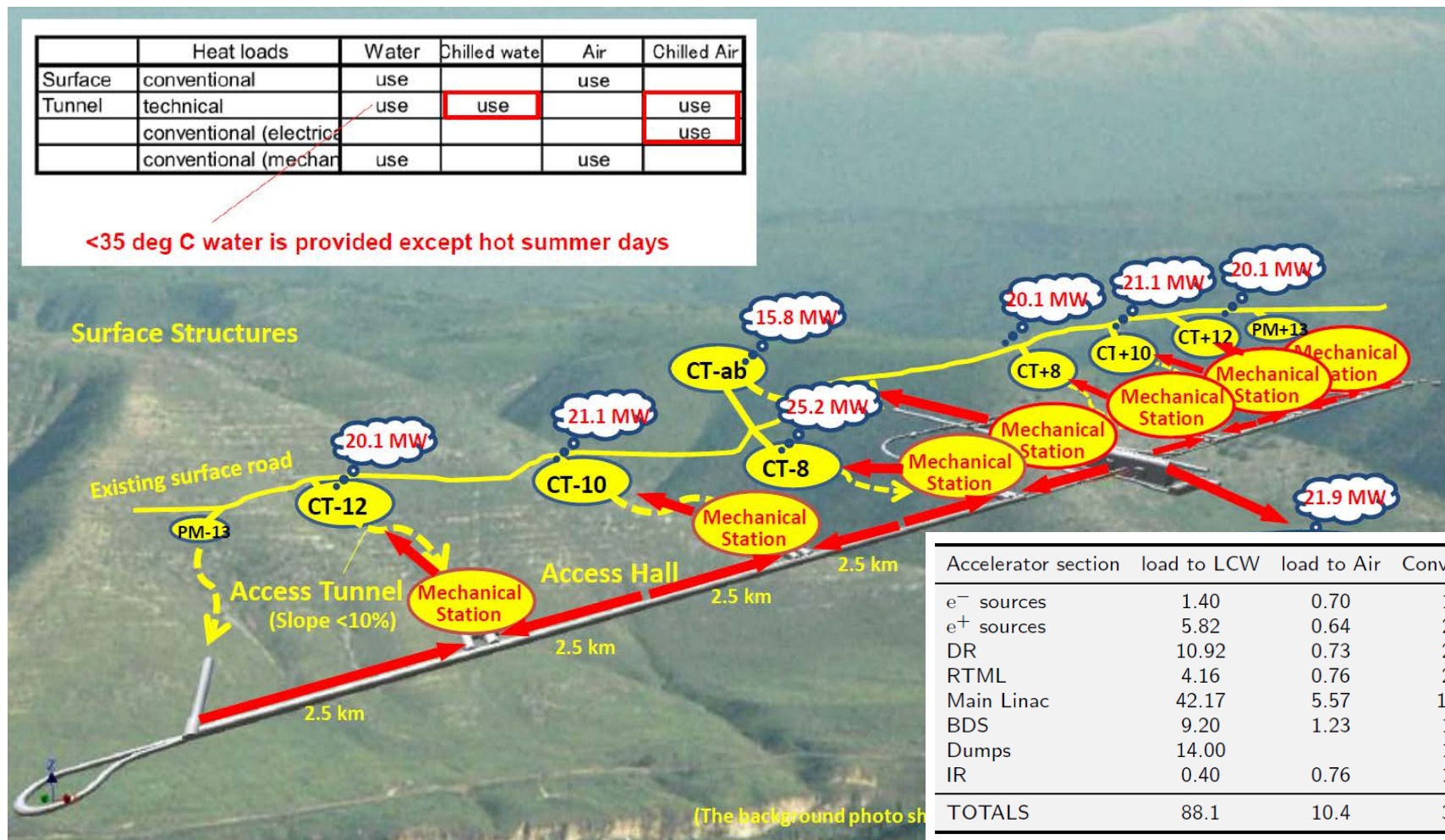


# 冷却設備

- 消費電力は熱負荷となり地上に放出される。

	Heat loads	Water	Chilled water	Air	Chilled Air
Surface	conventional	use		use	
Tunnel	technical	use	use		use
	conventional (electrical)				use
	conventional (mechanical)	use		use	

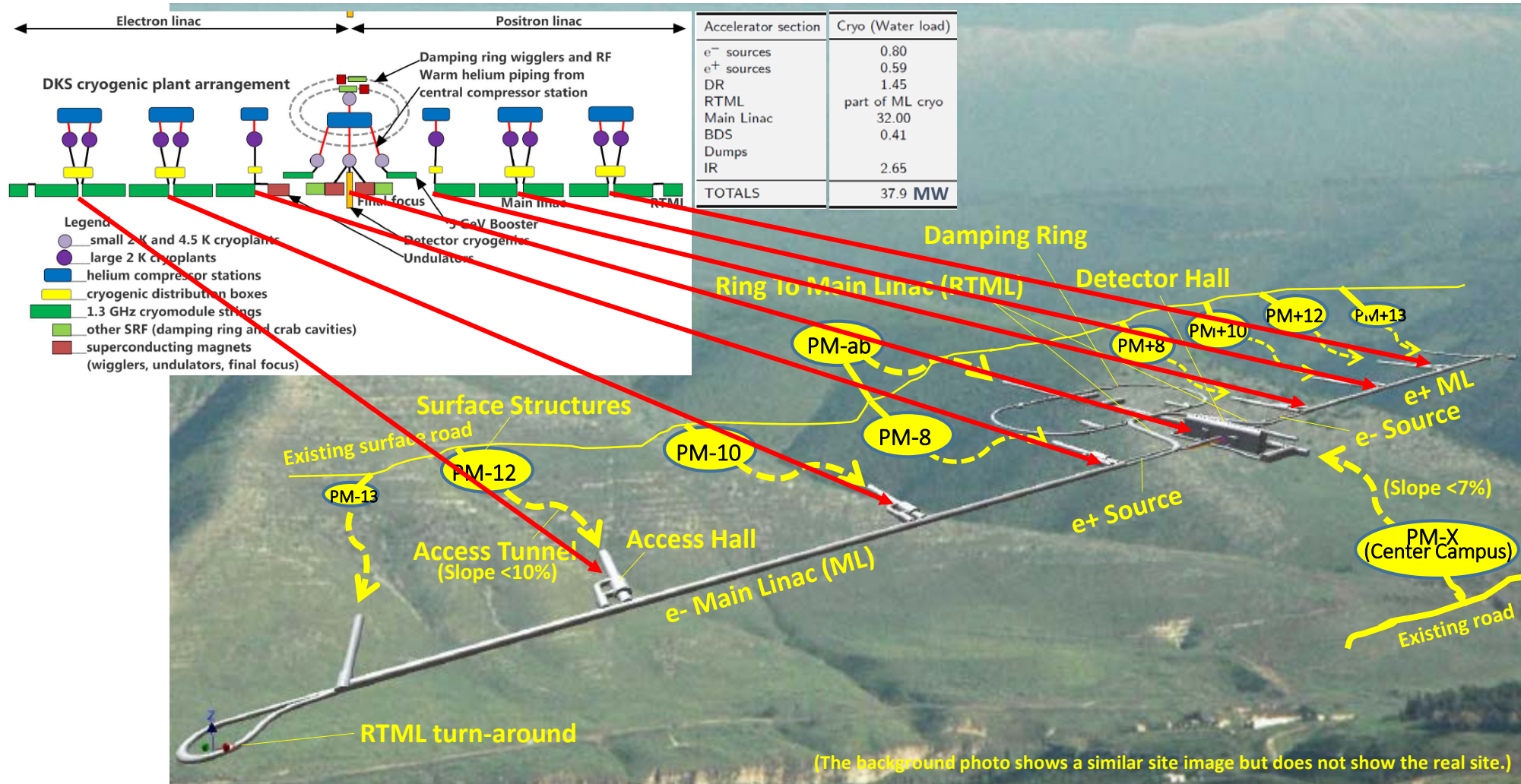
<35 deg C water is provided except hot summer days



Accelerator section	load to LCW	load to Air	Conventional	Cryo (Water load)	Total
e <sup>-</sup> sources	1.40	0.70	1.87	0.80	4.77
e <sup>+</sup> sources	5.82	0.64	2.27	0.59	9.32
DR	10.92	0.73	2.69	1.45	15.79
RTML	4.16	0.76	2.02	part of ML cryo	6.94
Main Linac	42.17	5.57	16.89	32.00	96.63
BDS	9.20	1.23	1.68	0.41	12.52
Dumps	14.00		1.12		15.12
IR	0.40	0.76	1.79	2.65	5.60
<b>TOTALS</b>	<b>88.1</b>	<b>10.4</b>	<b>30.3</b>	<b>37.9</b>	<b>167 MW</b>

# He冷却設備

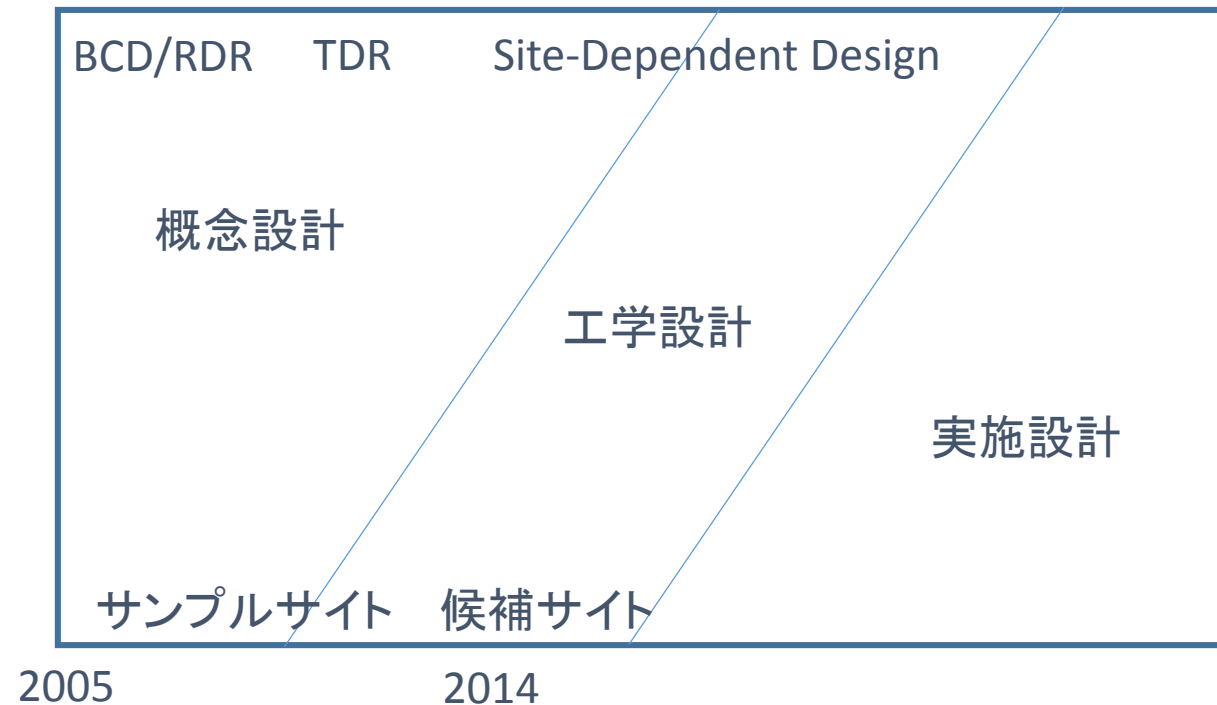
- 約5 km毎に設置、±2.5 kmを給液



# ILCファシリティ設計の現状

- サンプルサイトにもとづき、施設全体の概念設計、重要施設の工学設計が実施され、コスト、建設スケジュールが検討された。

(地下施設の場合、仮定された地質条件で設計された。一般的に、地質調査の進展により設計変更が行われる可能性がある。)



今後の課題

# ILC ファシリティについて考える

# 加速器デザイン未定部分の影響

- e-/e+の衝突タイミングが合っていない。

$$L_{dc} + L_{ca} + L_{ab} - L_{db} - 9C = \sim 254 \text{ (m)}, \quad L_{dc} + L_{ca} + L_{ab} - L_{db} = 9.078C$$

周長を28m長くするか、陽電子リニアックを127m短くするか。影響は小さい。

- リニアックのエネルギーが足りるかどうか。

$$n = 10 \text{ とすると、} \Delta L_{ab} = \sim 3239 - 254 \text{ (m)}, \quad \Delta L_{ab} = \sim 2985 \text{ (m)}$$

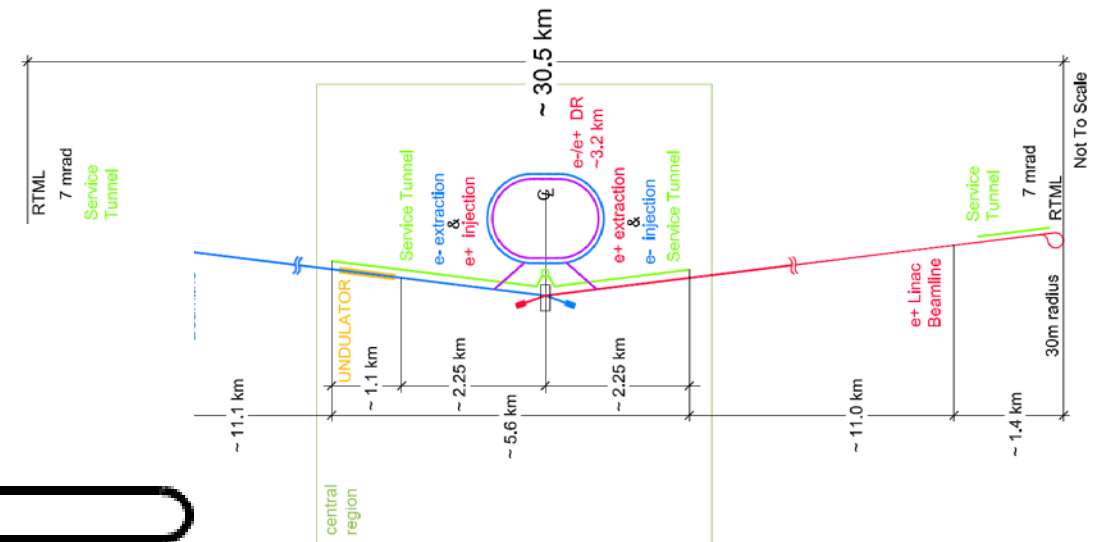
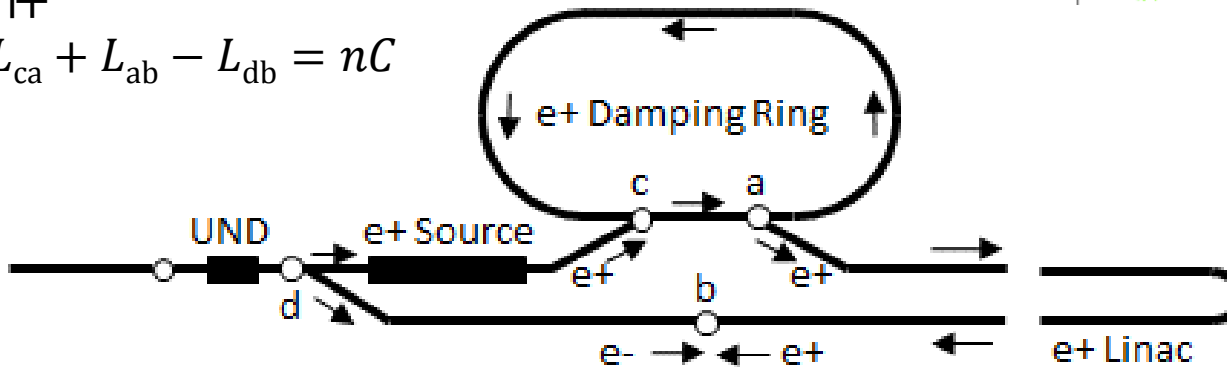
陽電子リニアックトンネルを $\sim 1490\text{m}$  (31.7 GeV分のスペース) 長くしておく。影響あり。

- 陽電子源オプション。

ビームラインだけの部分があるので対応できそう。

衝突条件

$$L_{dc} + L_{ca} + L_{ab} - L_{db} = nC$$





# 地下施設の構造

- 適切なリニアックシールド壁の厚さ

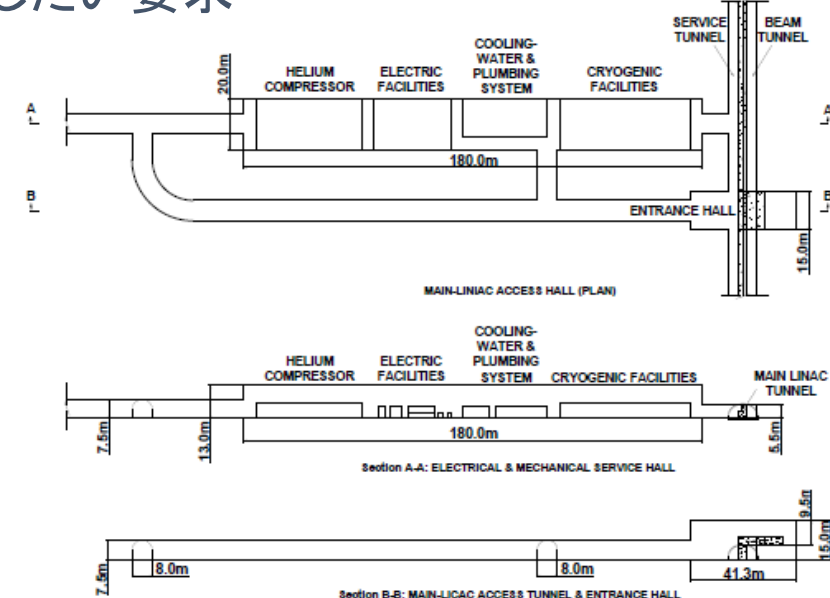
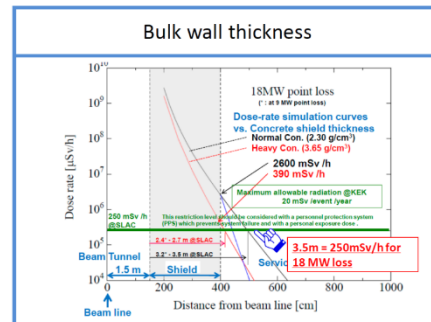
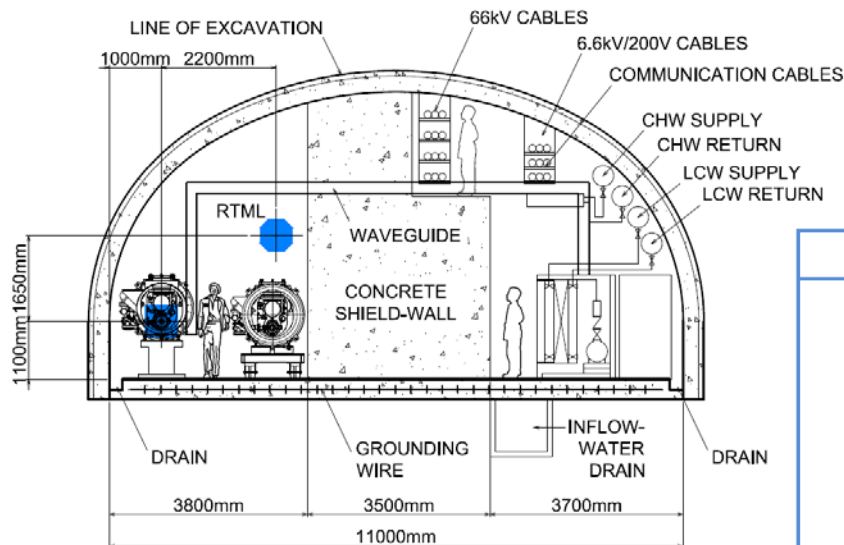
加速器室の余裕、トンネルコストに影響する。

- ユーティリティの配置

特にHe冷凍システム

TDRでは環境保護のため地上施設を極力減らし冷却塔以外はできる限り地下に設置

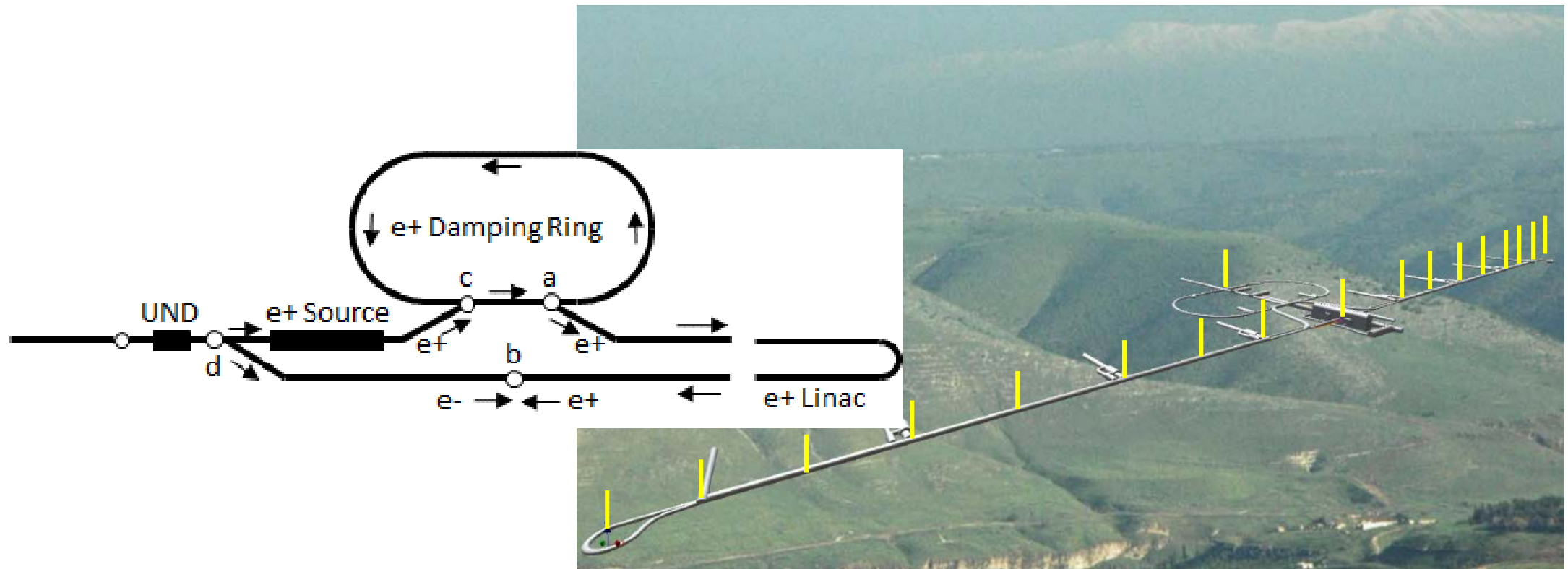
⇔設備維持の便宜から可能な限り地上に設置したい要求





# 地下構造物に要求される配置精度

- 加速器架台の据付けに必要な精度
  - A. ビームラインに垂直な方向:  $\sim 1$  cm/数100 m
  - B. ビームラインに沿った方向:  $\sim 10$  cm/10 km (DR, BDS, 陽電子加速器)
- 土木工事は沢山の工区で同時に開始される可能性があるため、着工前のサイト測量及び要求される精度の地上モニュメント、基準点を地下に移すための測量用立坑の配置が必要である。



# 設備の検討

- 電気設備

  - 電力供給源の決定(場所、電圧、回線など)。  
配電方法の最適化

- 冷却設備

  - 冷却塔の選択  
冷却ループ  
冷水利用の最適化

- 空調設備

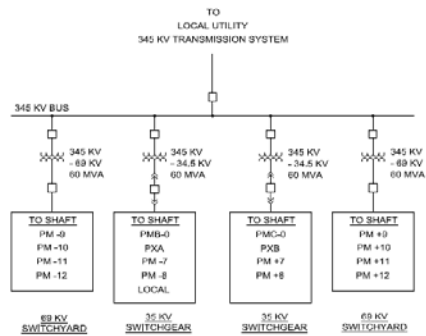
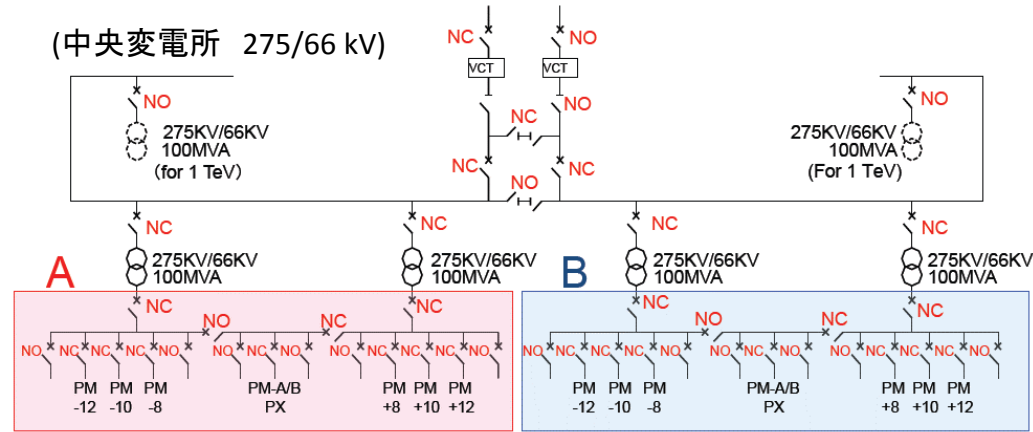
  - 送風、排気経路

- 給排水設備

  - 給排水インフラの要求  
湧水の利用  
湧水、汚染水の処理

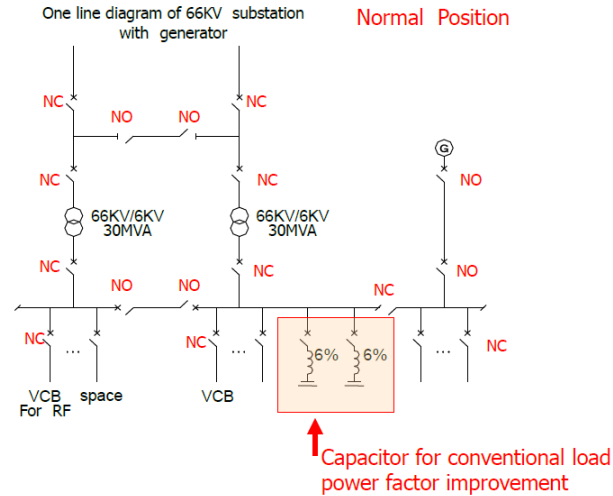
# 電気設備

- 設備系機器運転維持のための冗長性は、必要台数  $n + 1$  で保障する。
- 中央変電所から7か所のサブ変電所へはA/B2系統による並列配電。
- 力率補償はサブ変電所及び下流機器側で行う、設備容量は力率90%を仮定。

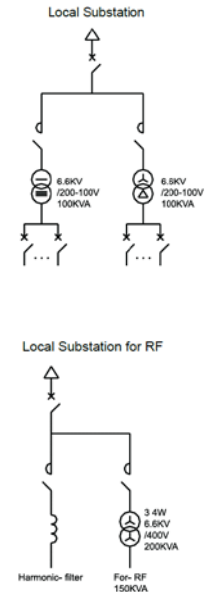


(Americas' Team  
345/69, 35)

(アクセスホールサブ変電所  
66/6.6 kV = 7か所)

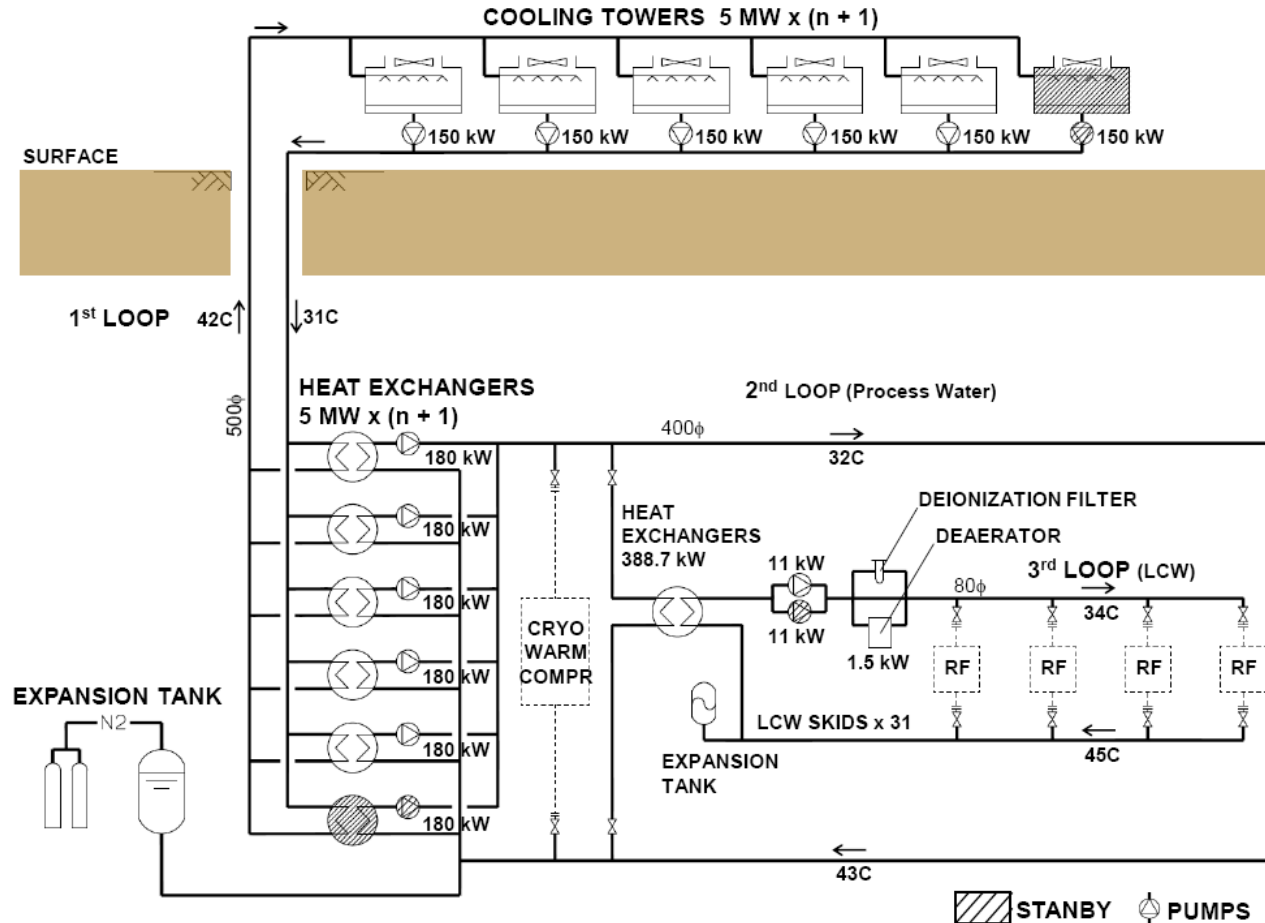


(ローカル変電所  
6.6/6.6, 0.2, 0.1 kV)



# 冷却設備

- 安価で静かな水冷方式、高価で騒音が大きいが補給水が不要な空冷方式



	A	B	C
TYPE	Closed-circuit Air-cooled Type	Closed-circuit Cooling Tower	Open Type Cooling Tower
UNIT SIZE (6MW UNIT)	59m × 10m	22m × 4m	12m × 4m
SPACE (for 200MW)	14,160m <sup>2</sup>	5,870m <sup>2</sup>	3,200m <sup>2</sup>
NOISE (6MW UNIT)	95dB(A)	80dB(A)	75dB(A)
UNIT COST (for 200MW)	~25	~5	1

RDR Scheme

(Americas' Team)

TDR Scheme  
(Asian Team)

## Makeup water for 200MW cooling

- WE (Evaporation) = 288m<sup>3</sup>/h
  - WC (Carry over) = 47m<sup>3</sup>/h
  - WB (Blow down) = 241m<sup>3</sup>/h
- Total = WE + WC + WB = 576m<sup>3</sup>/h

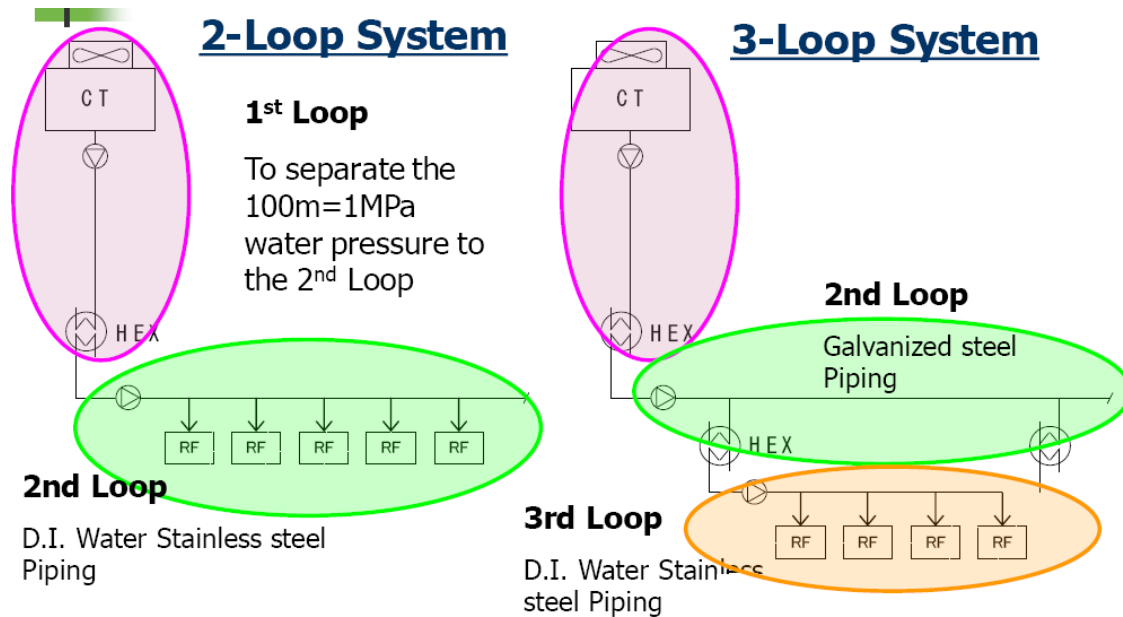
## Reservation of Makeup water

### Groundwater

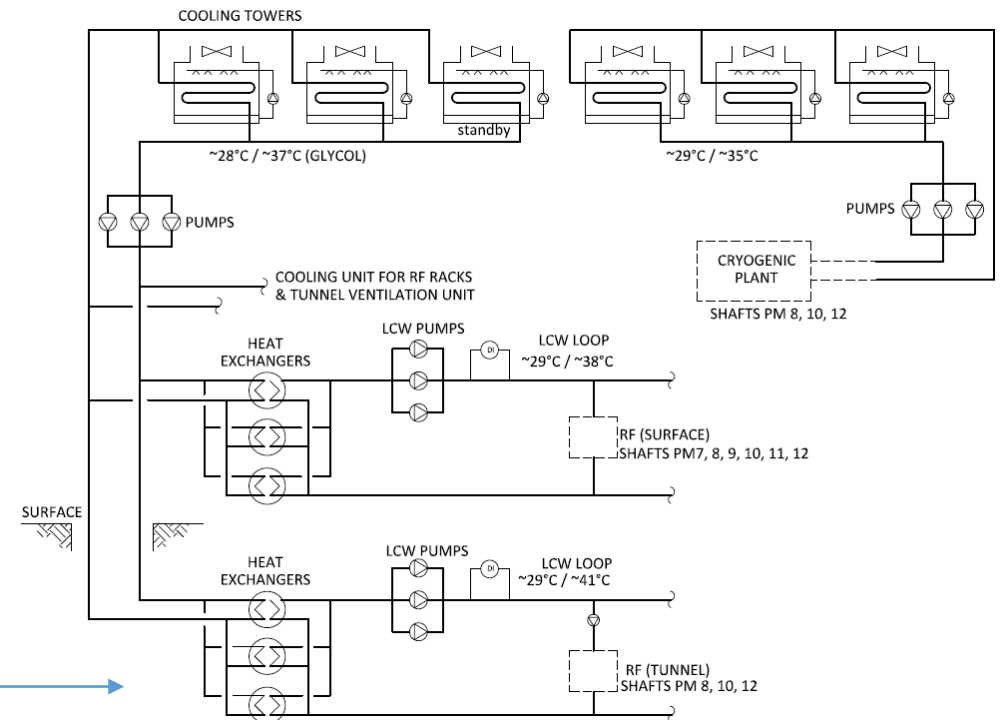
= 1m<sup>3</sup>/km/min \* 30km \* 60min/h  
= 1,800m<sup>3</sup>/h

# 冷却設備

- 2ループか3ループか



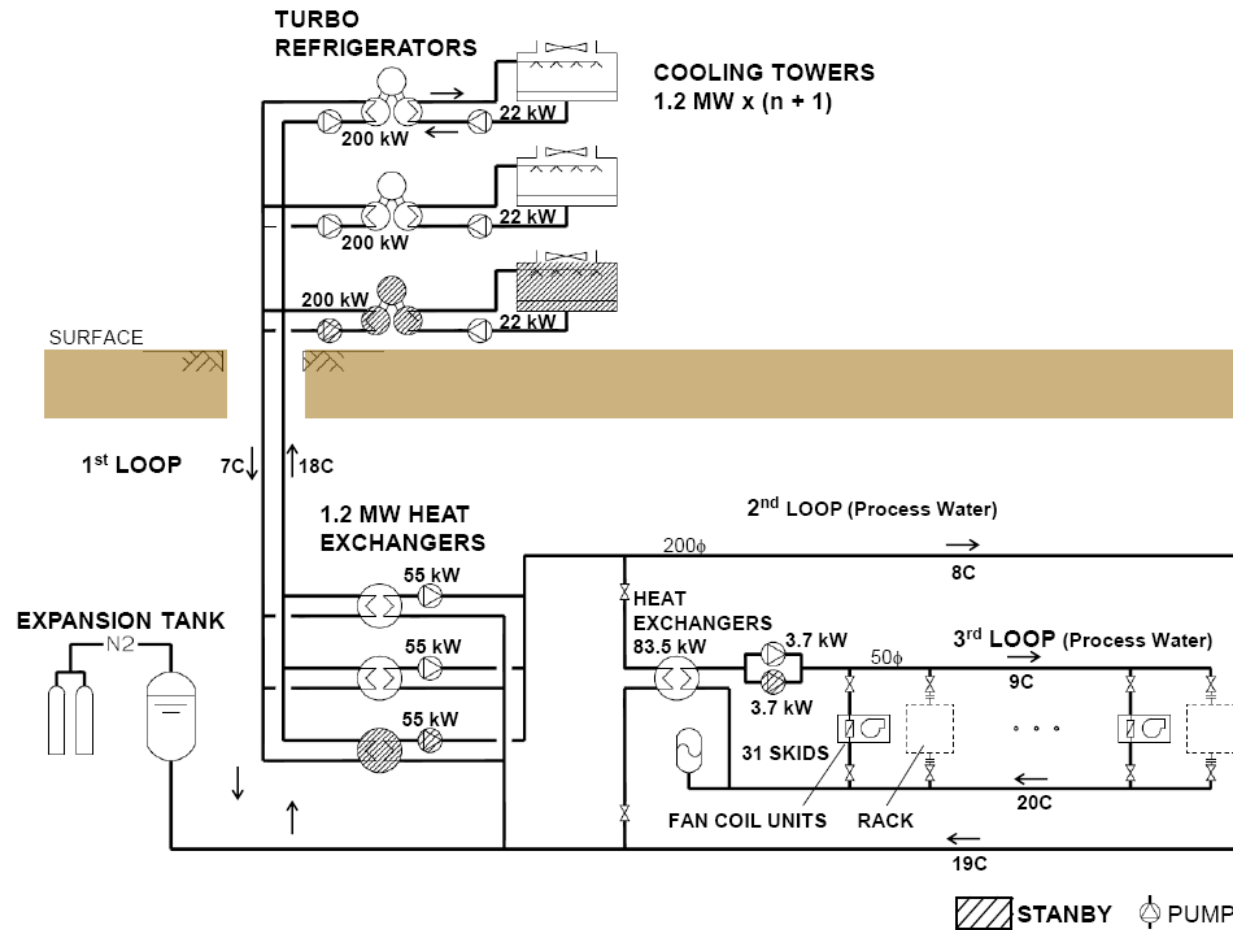
	2-Loop System	3-Loop System
Cost (AH-3)	1.16	1
Water leakage	If there would be some trouble at the thin pipe around accelerator, 5km (total 650m <sup>3</sup> ) of ionized cooling water would be run over.	
Evaluation	△	○



(参考 Americas' Design = 2 Loop scheme) →

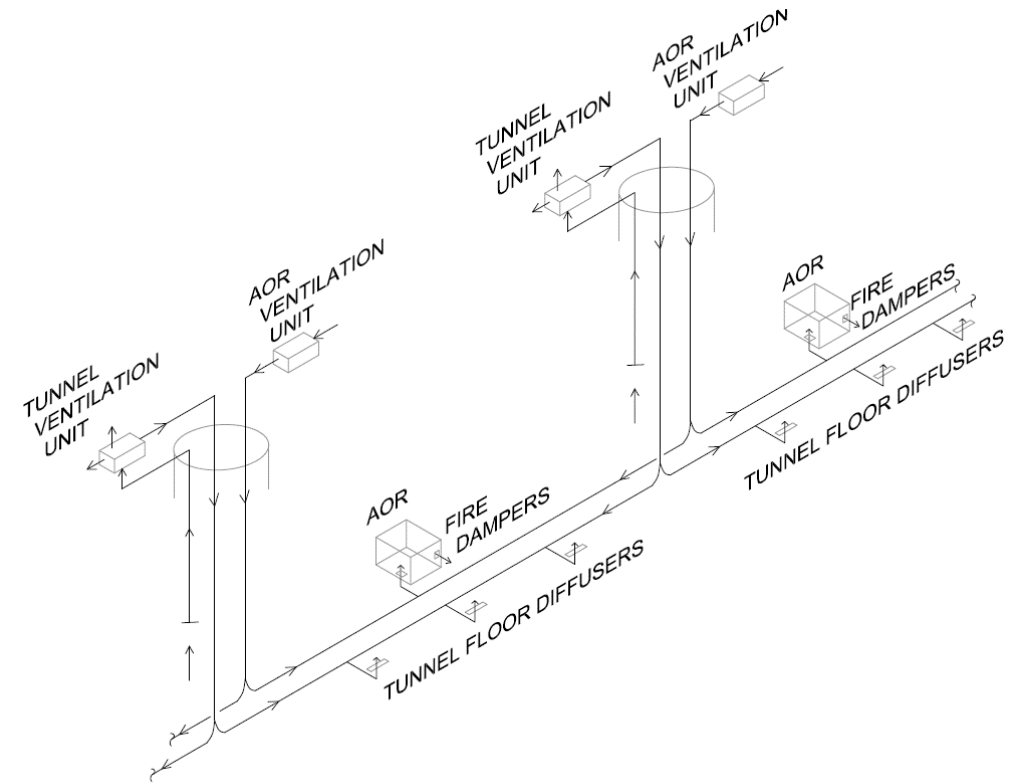
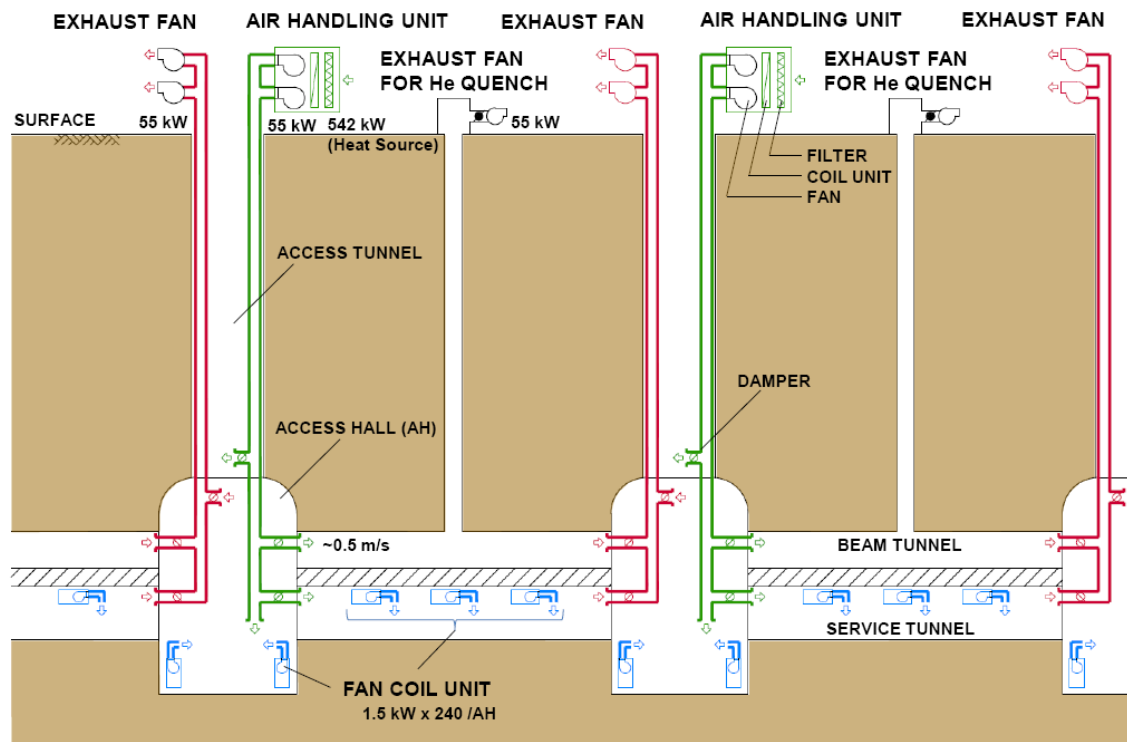
# 冷水設備

- 冷水は空調、ラックの水冷に用いる。



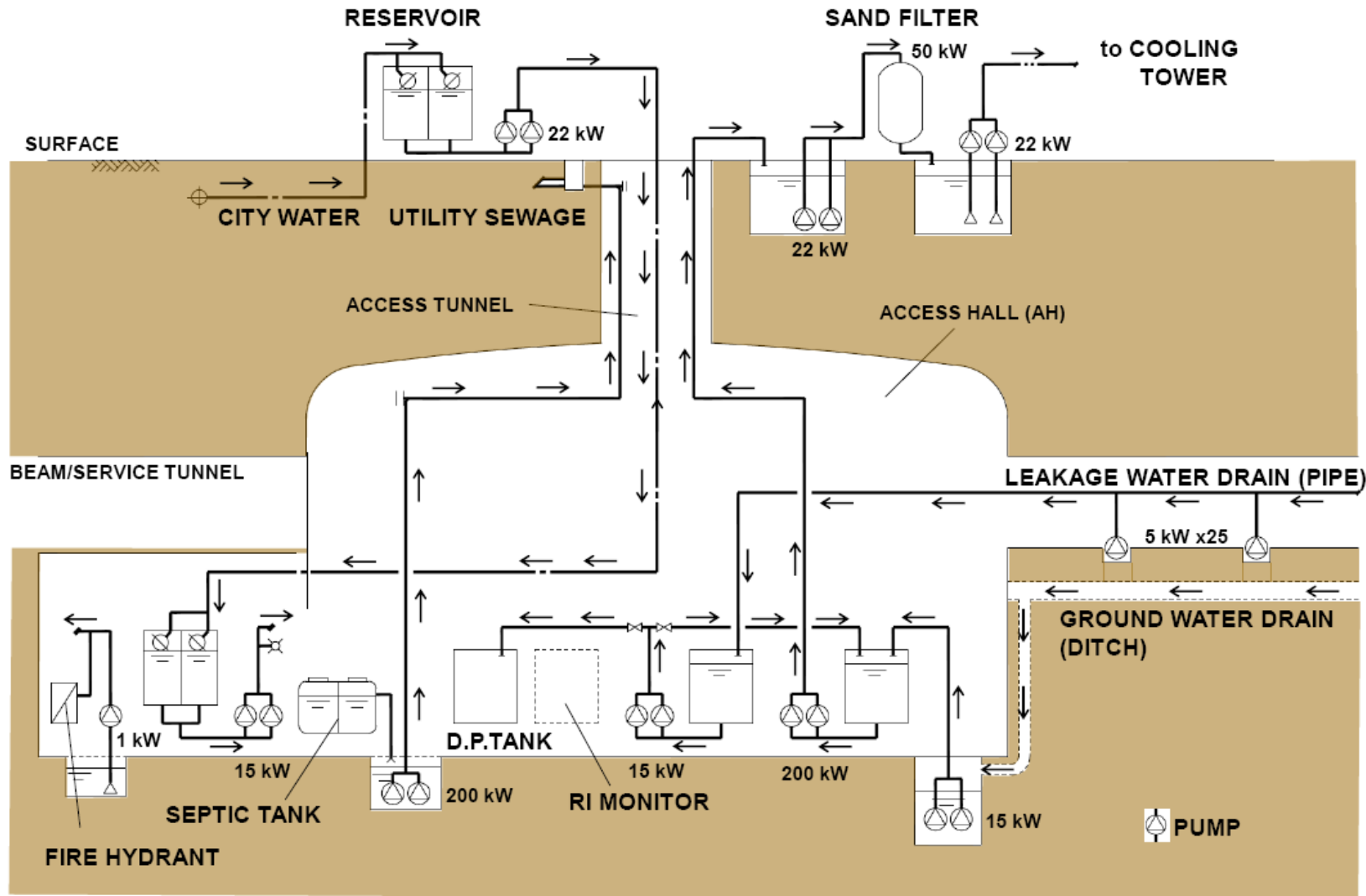
# 空調設備

- 送排気、ファンコイル



(参考 Americas' Design)

# 給排水設備





# まとめ

- TDRではサンプルサイトにもとづき、施設全体の概念設計、重要施設の工学設計が実施され、コスト、建設スケジュールが検討された。
- 今後は実際のサイトにおいて、地質・地形や電力・給排水などのインフラを考慮した設計が必要。