

# SPring-8蓄積リングにおけるエクспанションジョイントの振動減衰効果の調査

理研 松井佐久夫

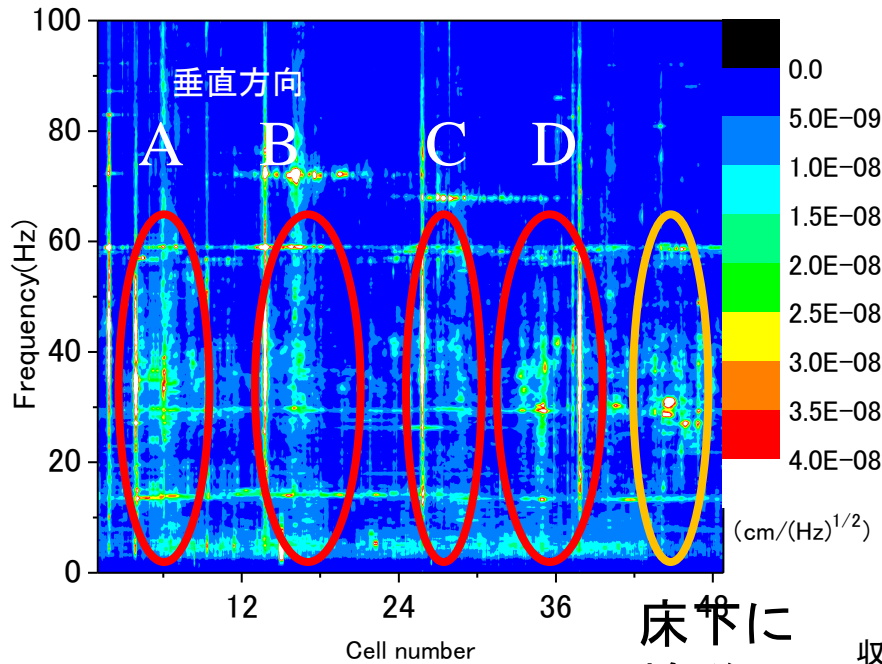
- 1) なぜエクспанションなのか
- 2) エクспанションの構造
- 3) エクспанションを含めたモデル
- 4) 測定器
- 5) 測定結果
- 6) まとめ

# 1)なぜエクспанションなのか

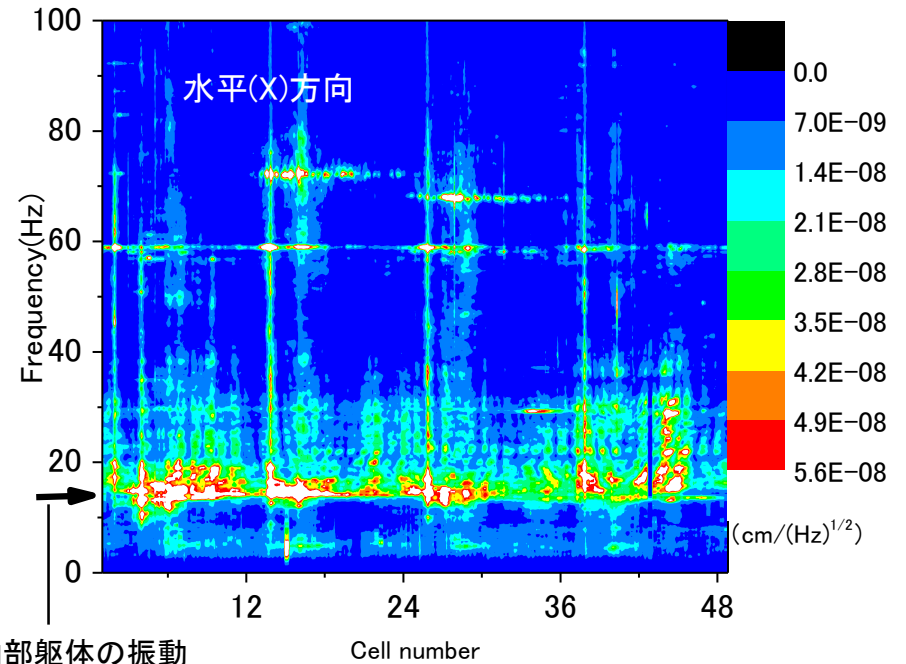
冷却機械室の周辺の振動が大きい

## 収納部床振動(変位)スペクトル

測定 2014.4.30-5.2(熱源機器更新後)



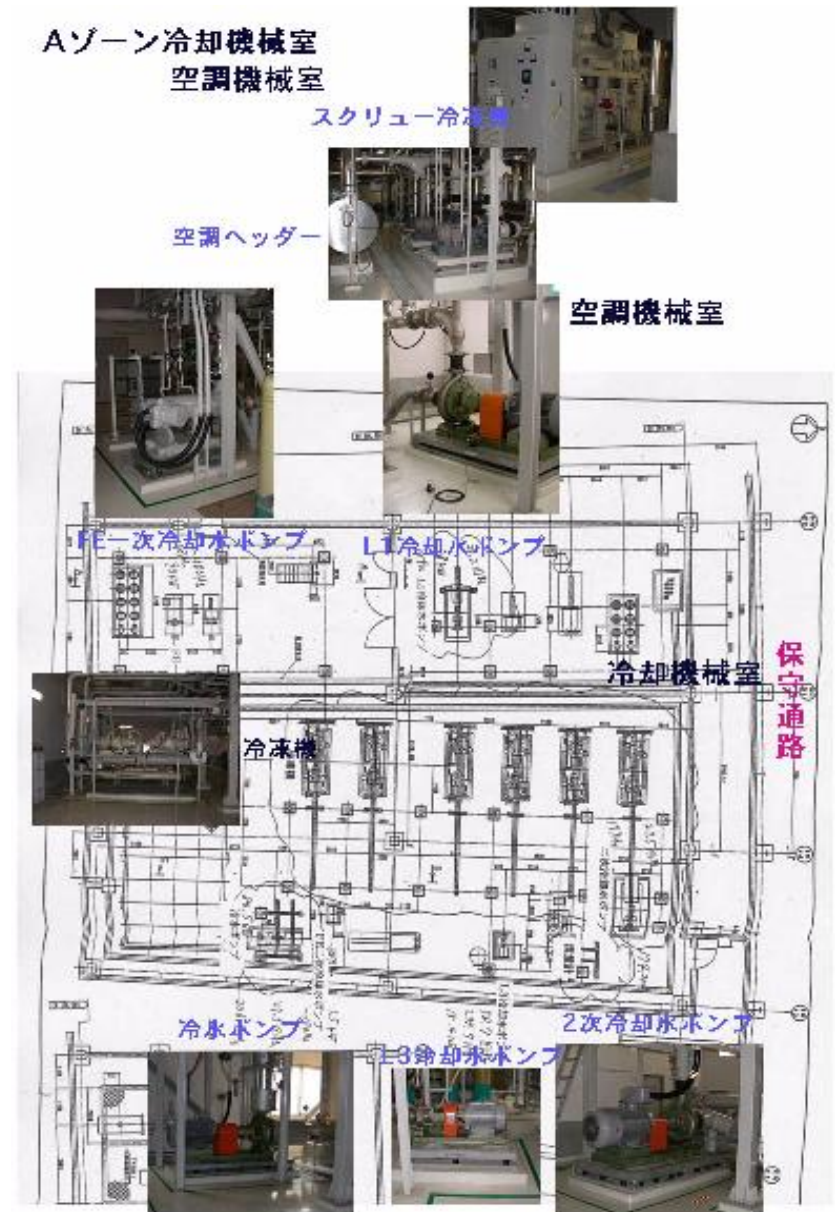
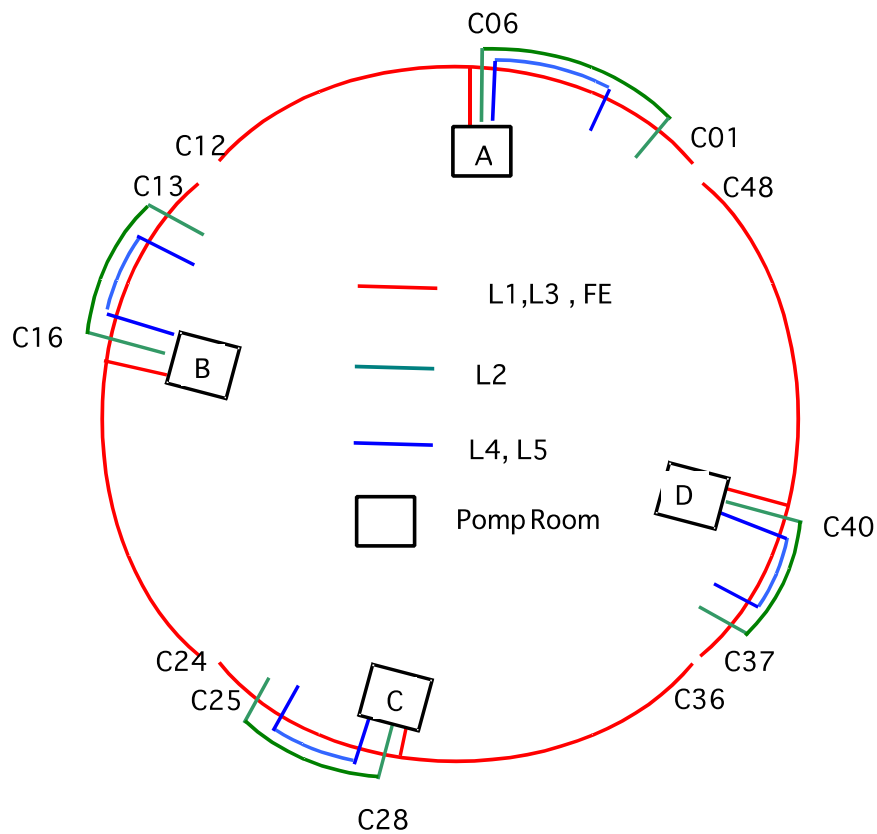
床下に  
輸送ラ  
イン



収納部躯体の振動

# 蓄積リングの冷却施設

4カ所の冷却機械室  
A, B, C, D



# 冷却機械室から収納部への振動の伝搬

経路は？

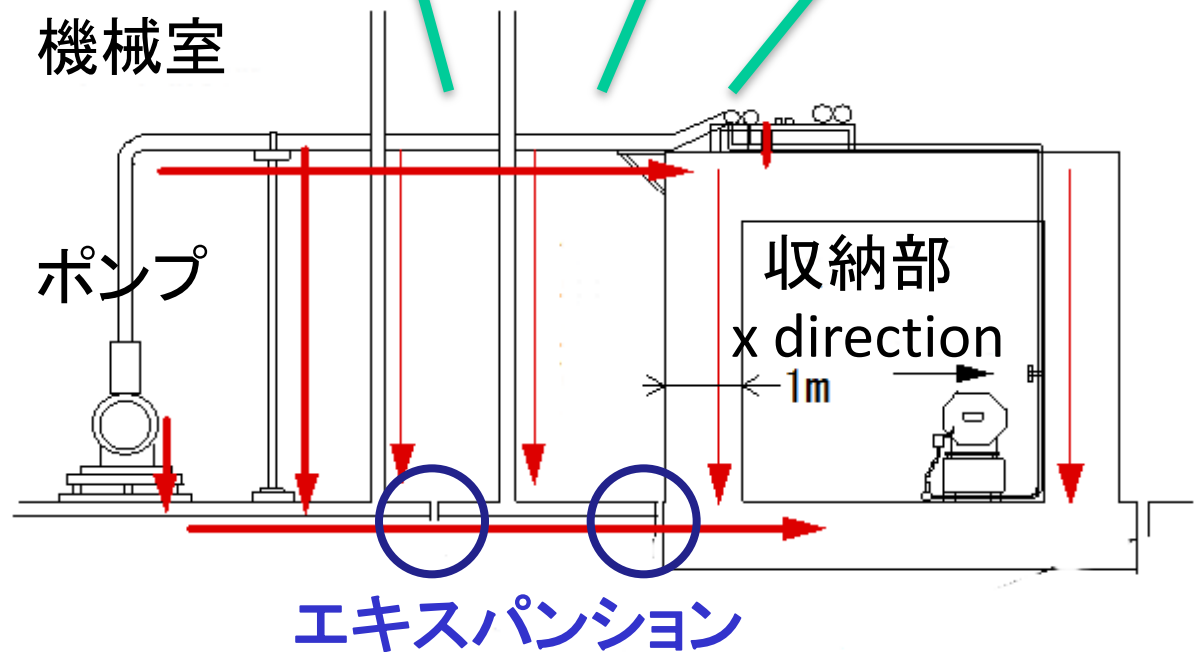
- 1) 床 こちらが主
- 2) 冷却パイプ



天井で上下流に

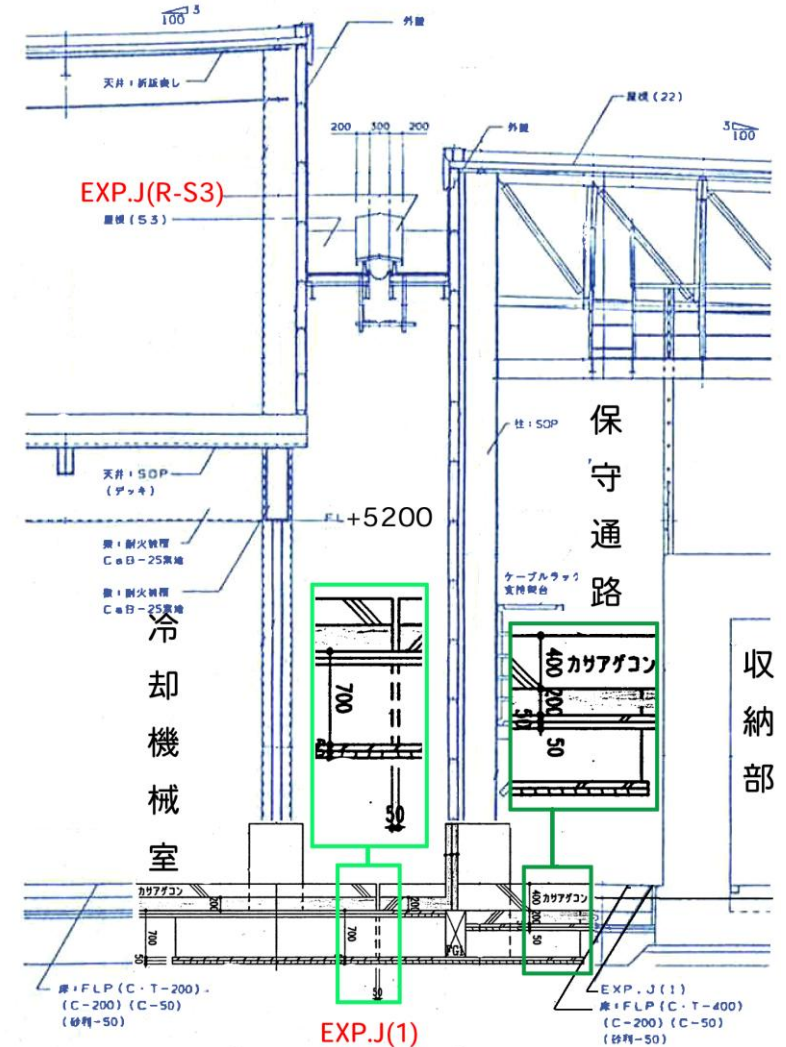
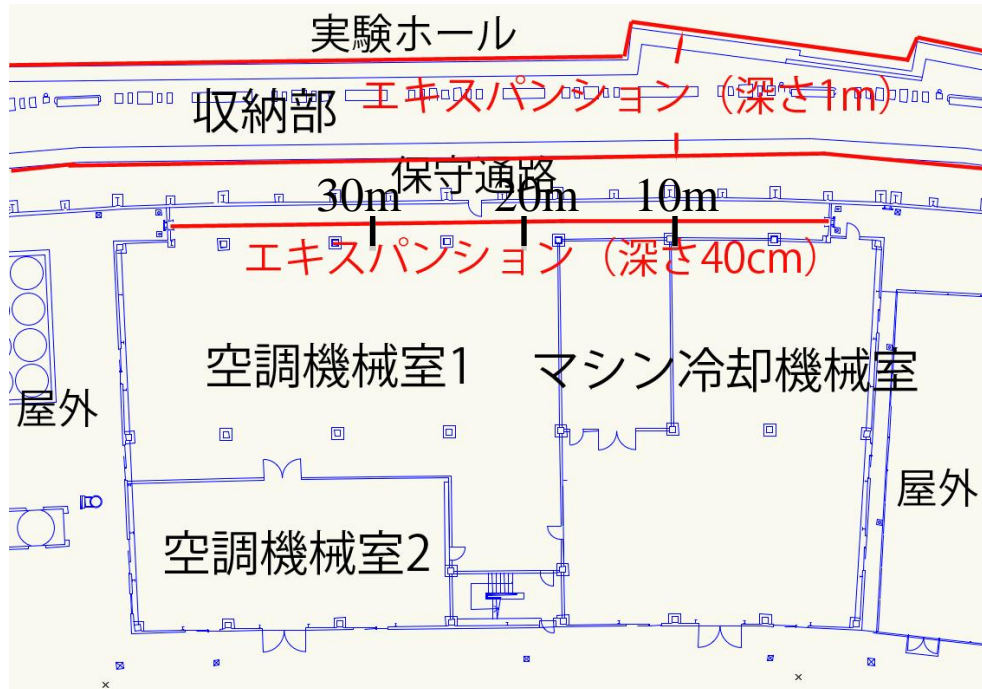


パイプとそのサポート





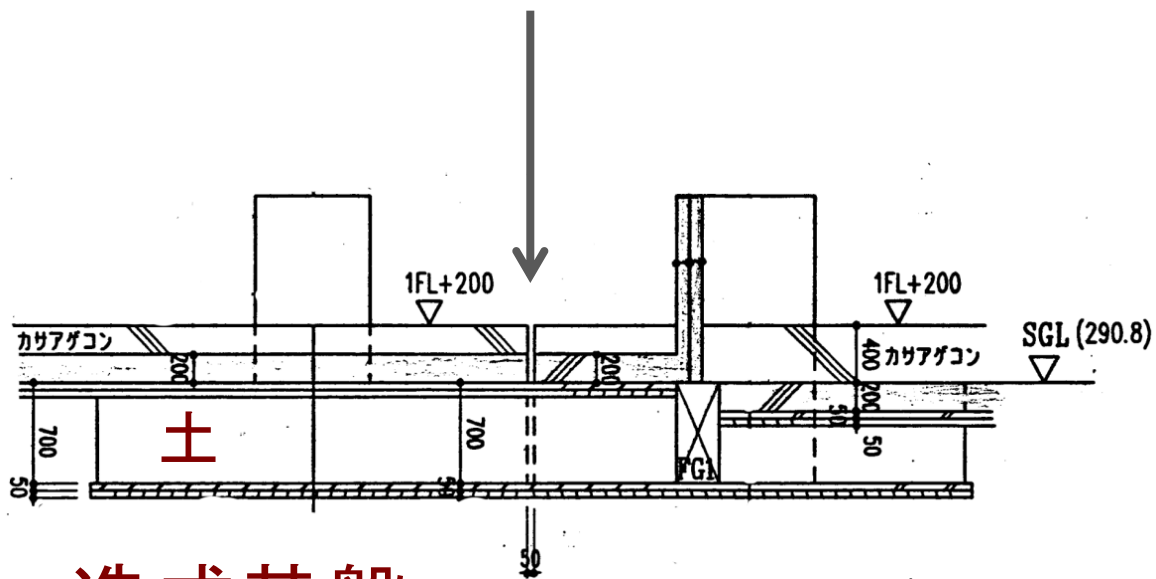
## 2) Expの位置と構造



# エクspansionの構造

- アスファルト充填

幅～5cm、深さ～40cm



造成基盤

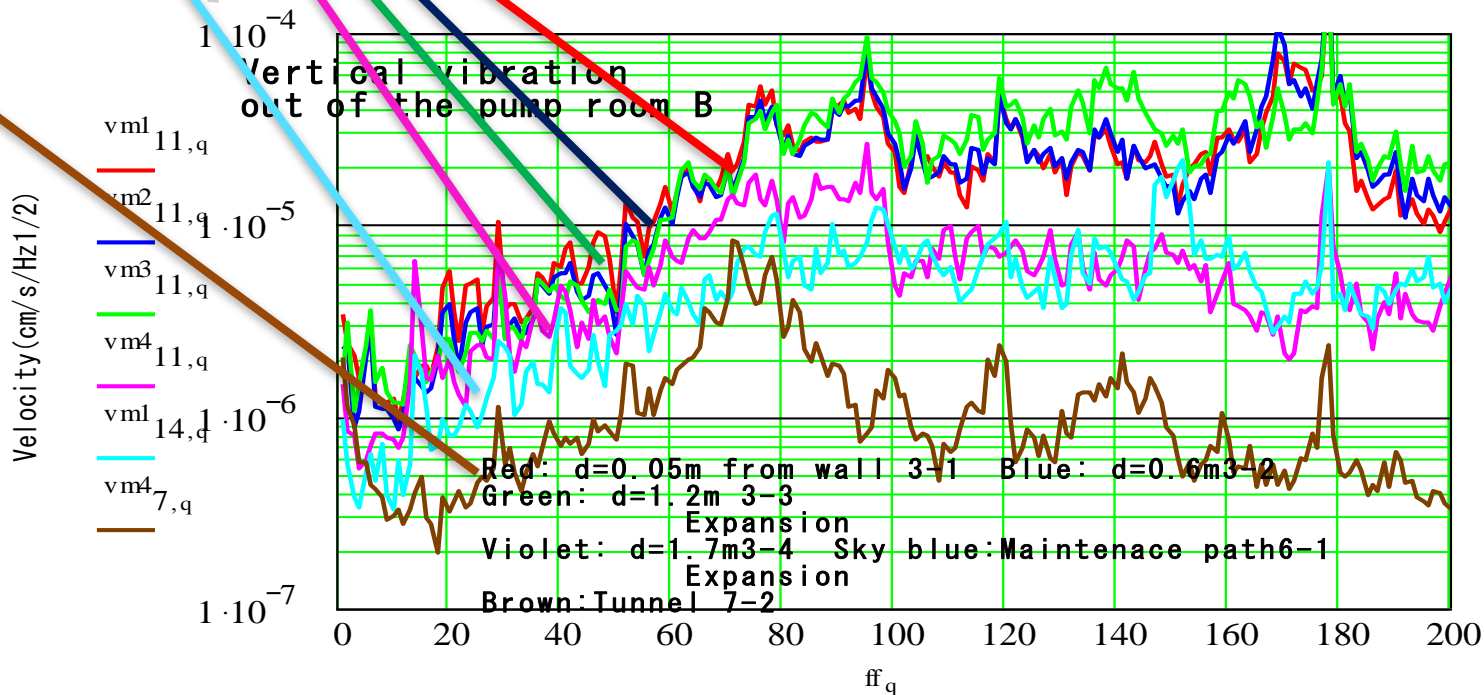


カバーの板を外したところ

# 冷却機械室から収納部までの振動の減衰

エキスパンションの位置

緑とピンクのスペクトルの間



# 3) エクスパンションを含めたモデル

振動関連施設設計時に必要

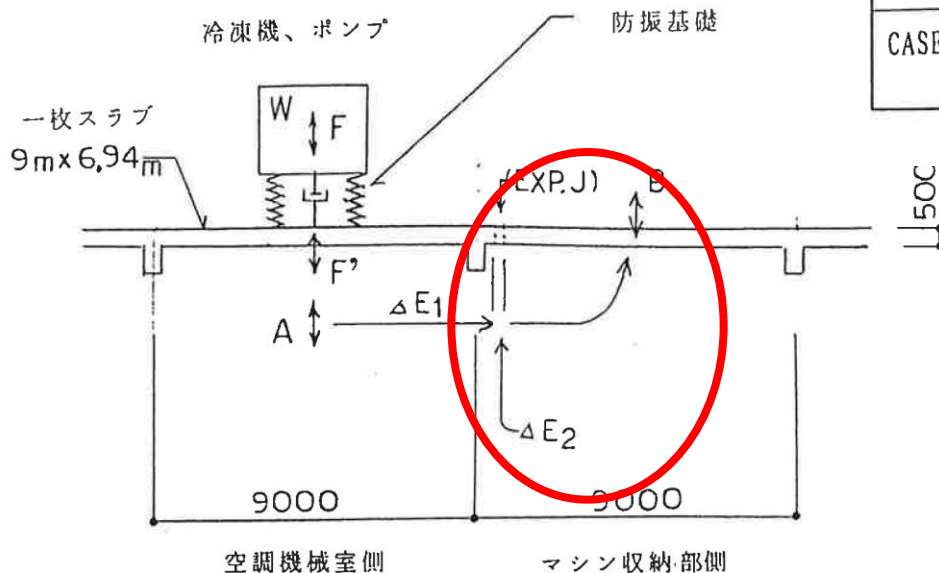
SPring8の場合

『大型放射光施設におけるストレージリング棟  
及び中央研究棟の設計検討業務 報告書』  
理化学研究所、株式会社日建設計 より

検討ケース

	防振基礎性能	エキスパンションジョイントの効果
CASE 1	冷凍機：ランク B ポンプ：ランク A	無視 $\Delta E_2 = 0$
CASE 2	冷凍機、ポンプともランク A	考慮 $\Delta E_2 = 5 \text{ dB}$

(iii) 振動レベルの計算法



防振性能 ランク B > ランク A (いずれもコイルスプリング)

仮定

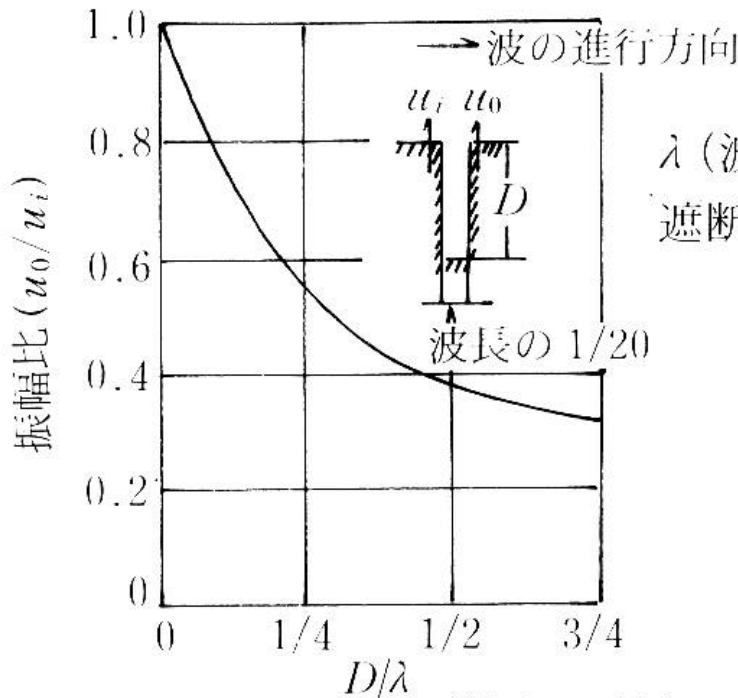
- 伝搬: 1枚のスラブのみ
- Exp.減衰: 5dB



# 防振溝による減衰の場合

実際の波長は例えば  
 $1200\text{m}/100\text{Hz}=12\text{m}$ というようにか  
 かなり大きい。蓄積リングで設けてあ  
 るExpansionの深さはずっと浅い

表面が一様ならレーリー波などでグラフの  
 ような減衰になるが薄いスラブを伝搬する  
 場合にはもっと大きく下がる

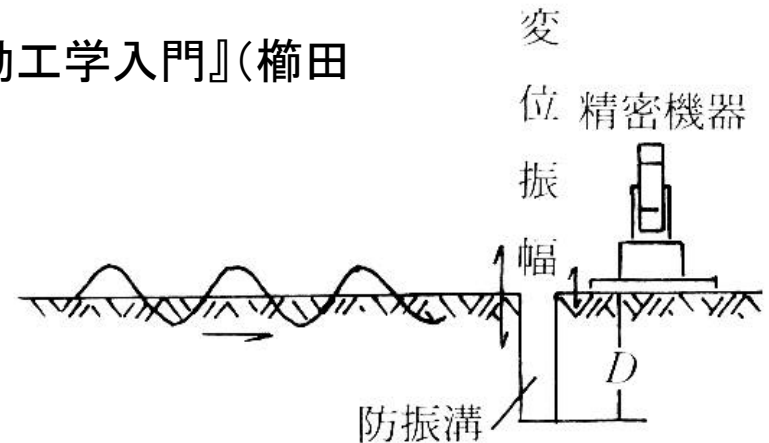


$\lambda$  (波長) =  $v$  (伝搬速度) /  $f$  (振動数)  
 遮断効果が期待できる深さは  $D \geq \lambda/4$

『環境振動工学入門』(櫛田  
 裕著)より

(鈴木・石垣 1960 による)

(b) 防振溝の効果



### 3) 測定器

センサー(出力:速度 動コイルタイプ) HS-1 (Geo Space製)

サーボタイプより特性は安定している

固有周期 2~3 Hz

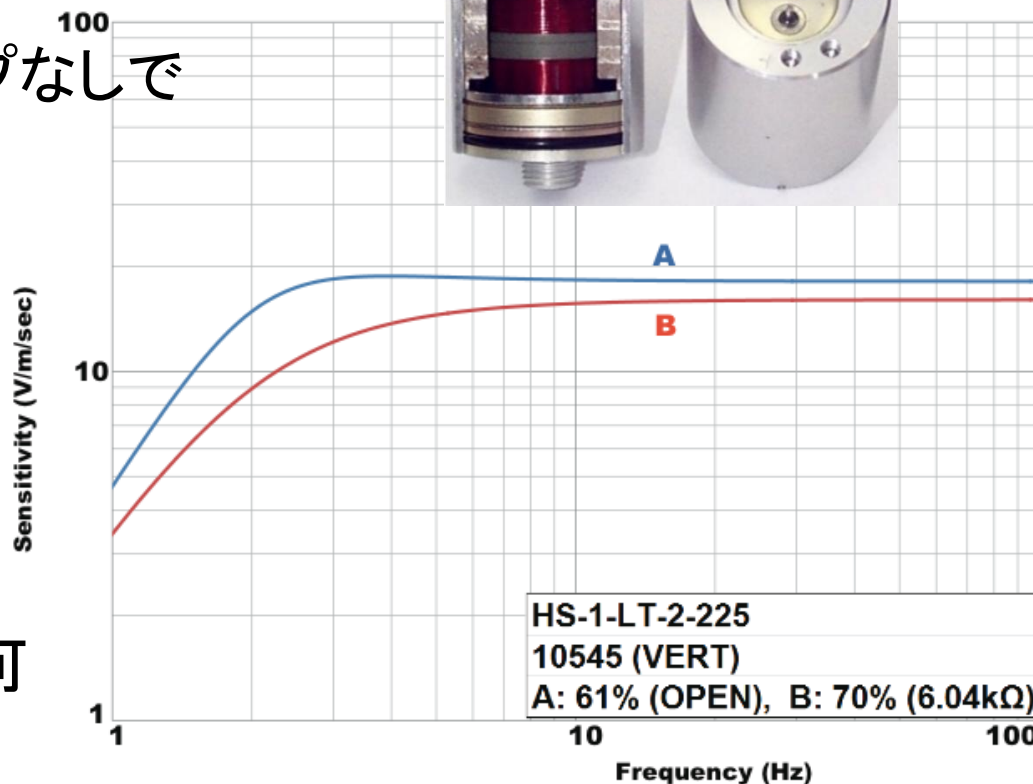
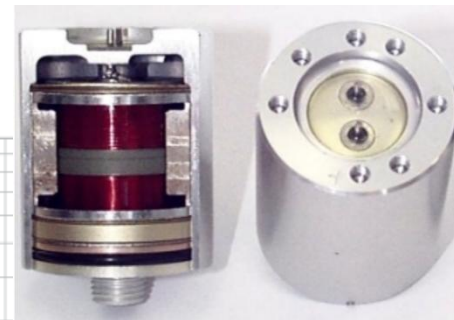
直流抵抗 ~4kΩ

出力~2V/(inch/s)=アンプなしで  
直接AD変換できる

大きさ:直径4cm、長さ  
5cmの円筒)

価格 1個 5万円

細い同軸ケーブル使用可



ADC: 多チャンネルFFT

Graduo (小野測器)

分解能 24ビット

12ch使用

測定時間 30秒

サンプリング 640/秒

電源: 12Vバッテリー

センサーの位置

エクспанションを挟む(右図)

長手方向 25cm間隔

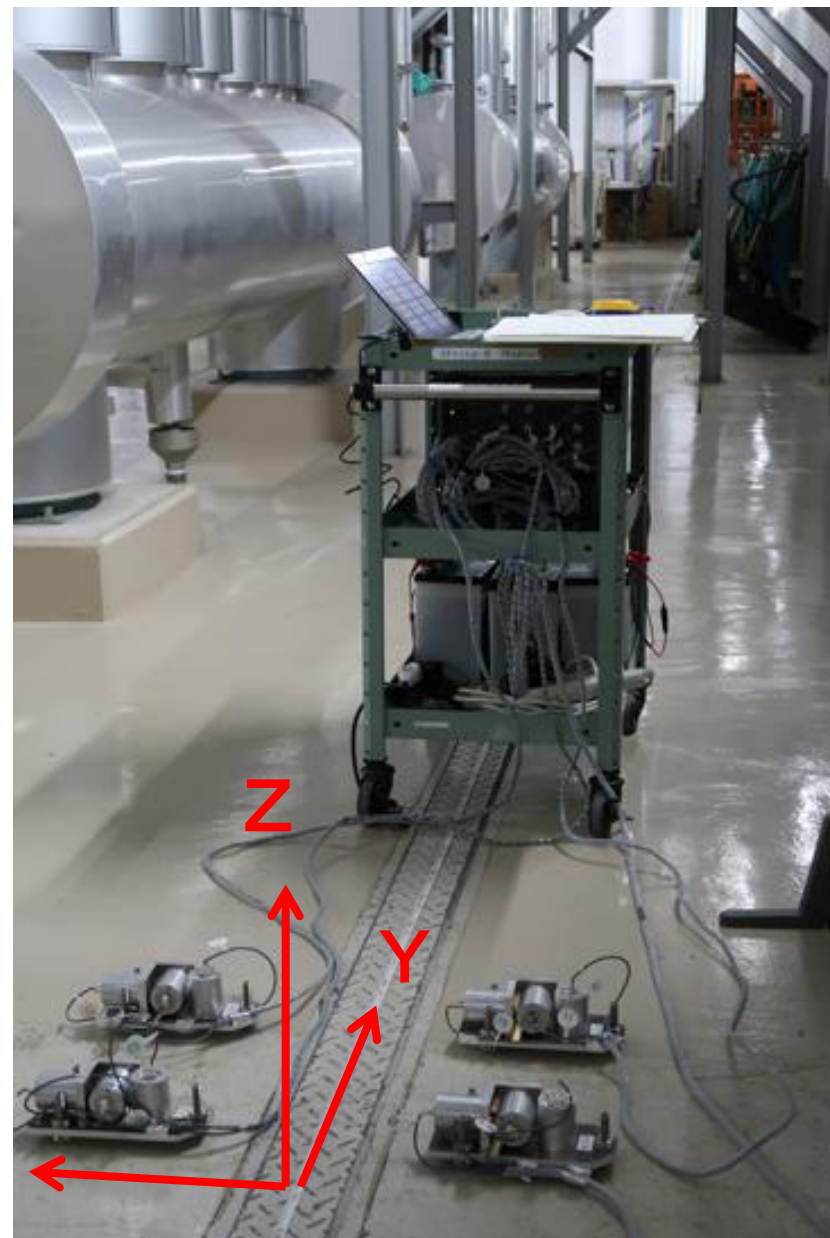
向き

X: エクспанションに垂直

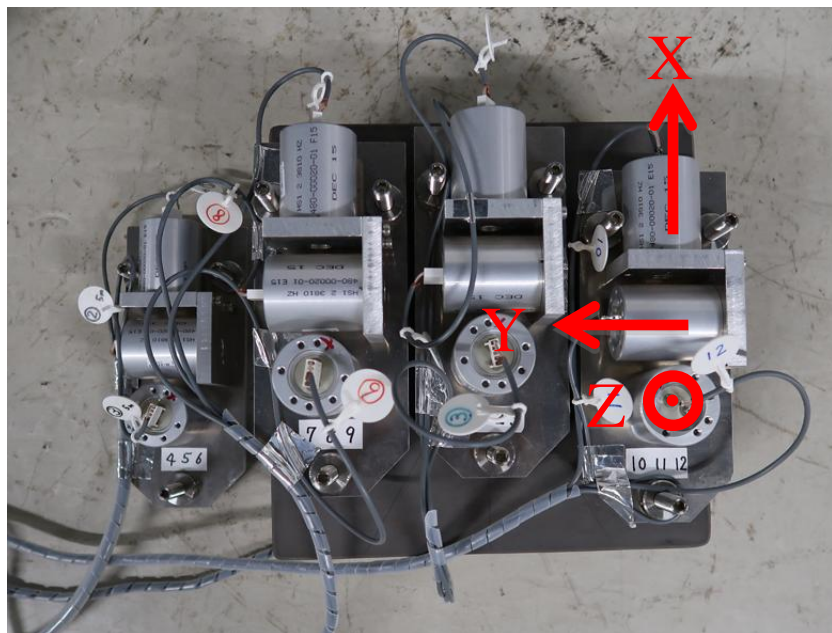
Y: エクспанションに平行

Z: 垂直

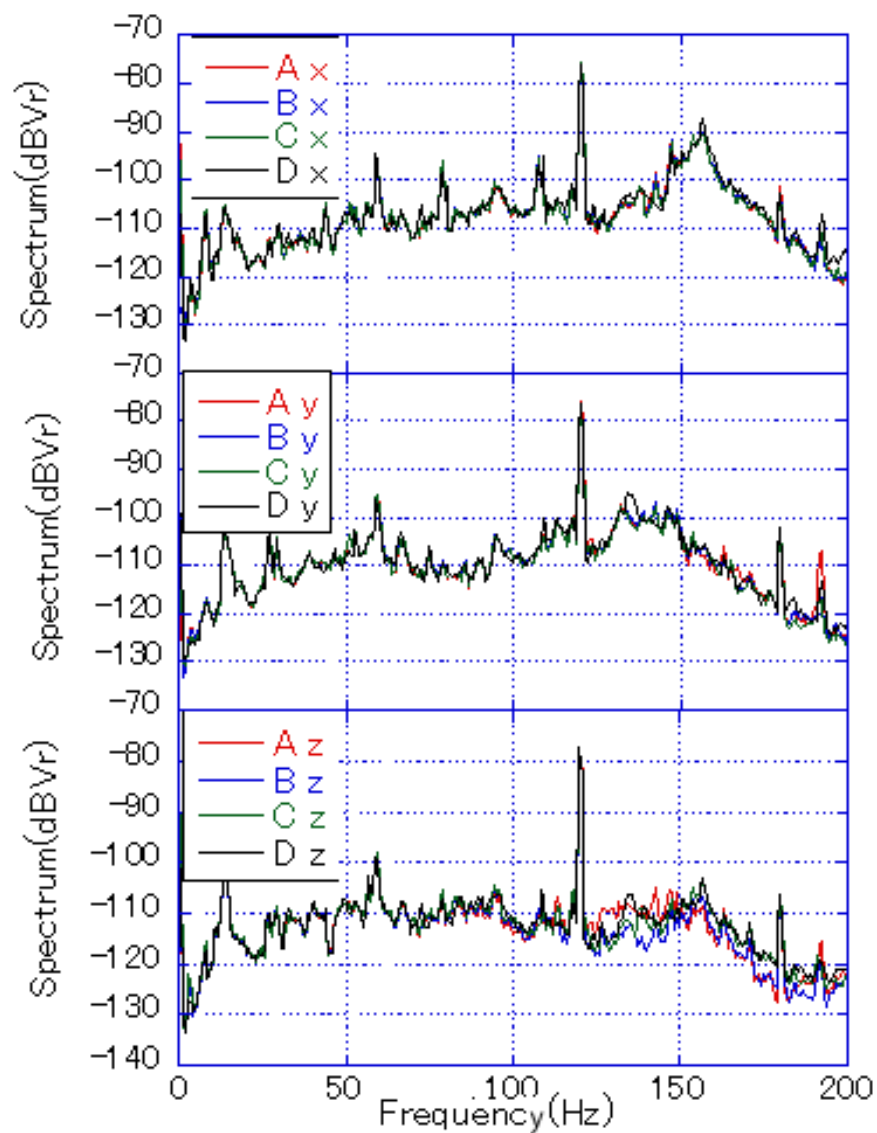
X



# センサーの校正



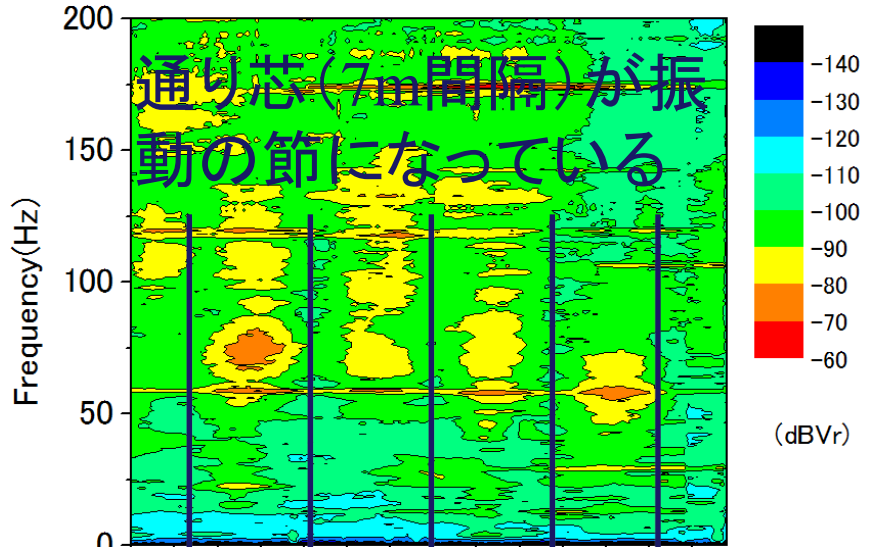
セラミックの定盤上で



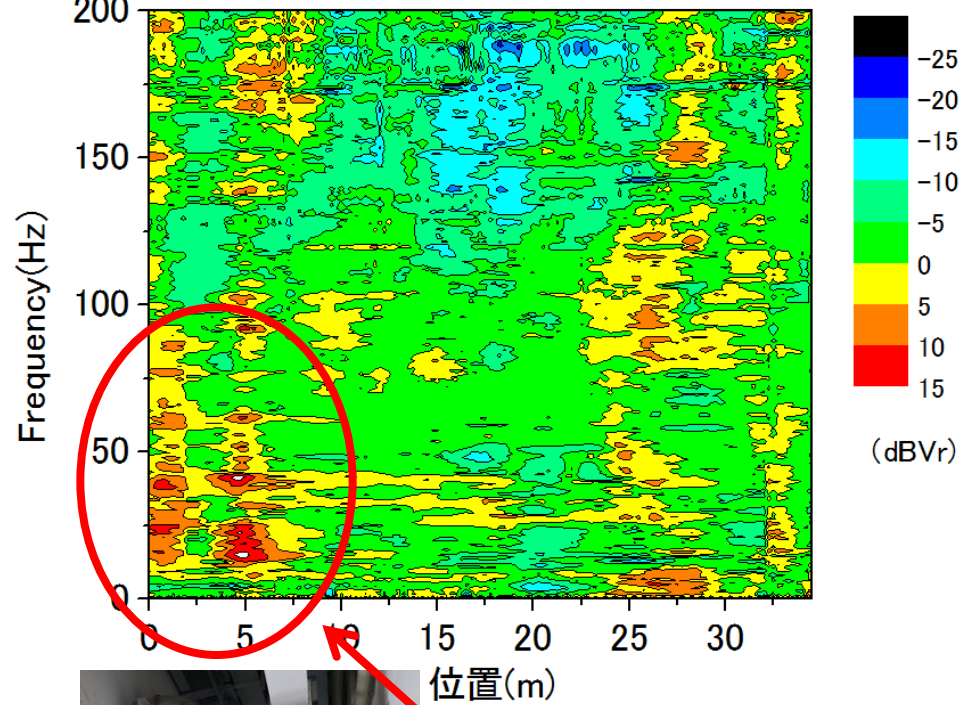
# 5) 測定結果

## Z方向: 垂直方向

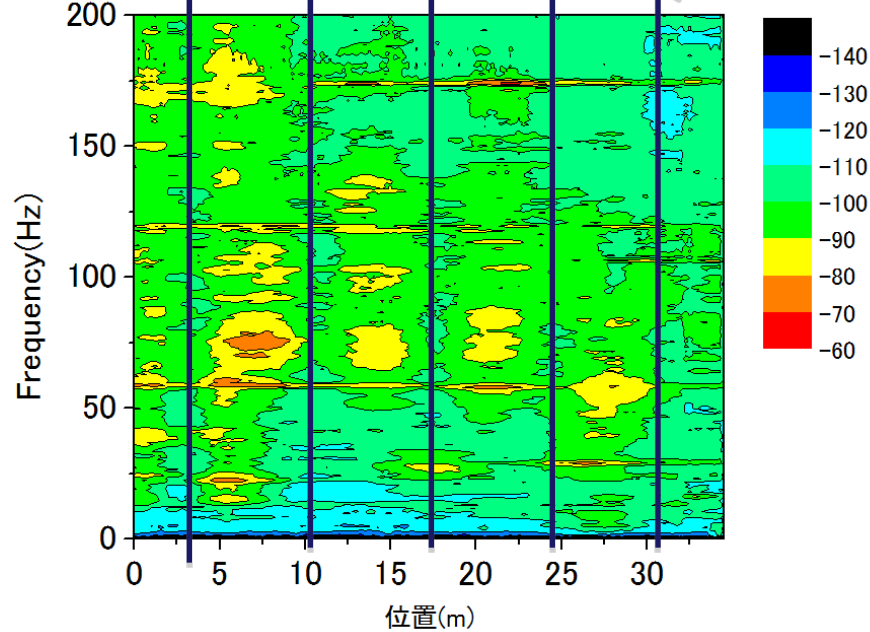
D z 機械室側



D z 保守通路側—機械室側



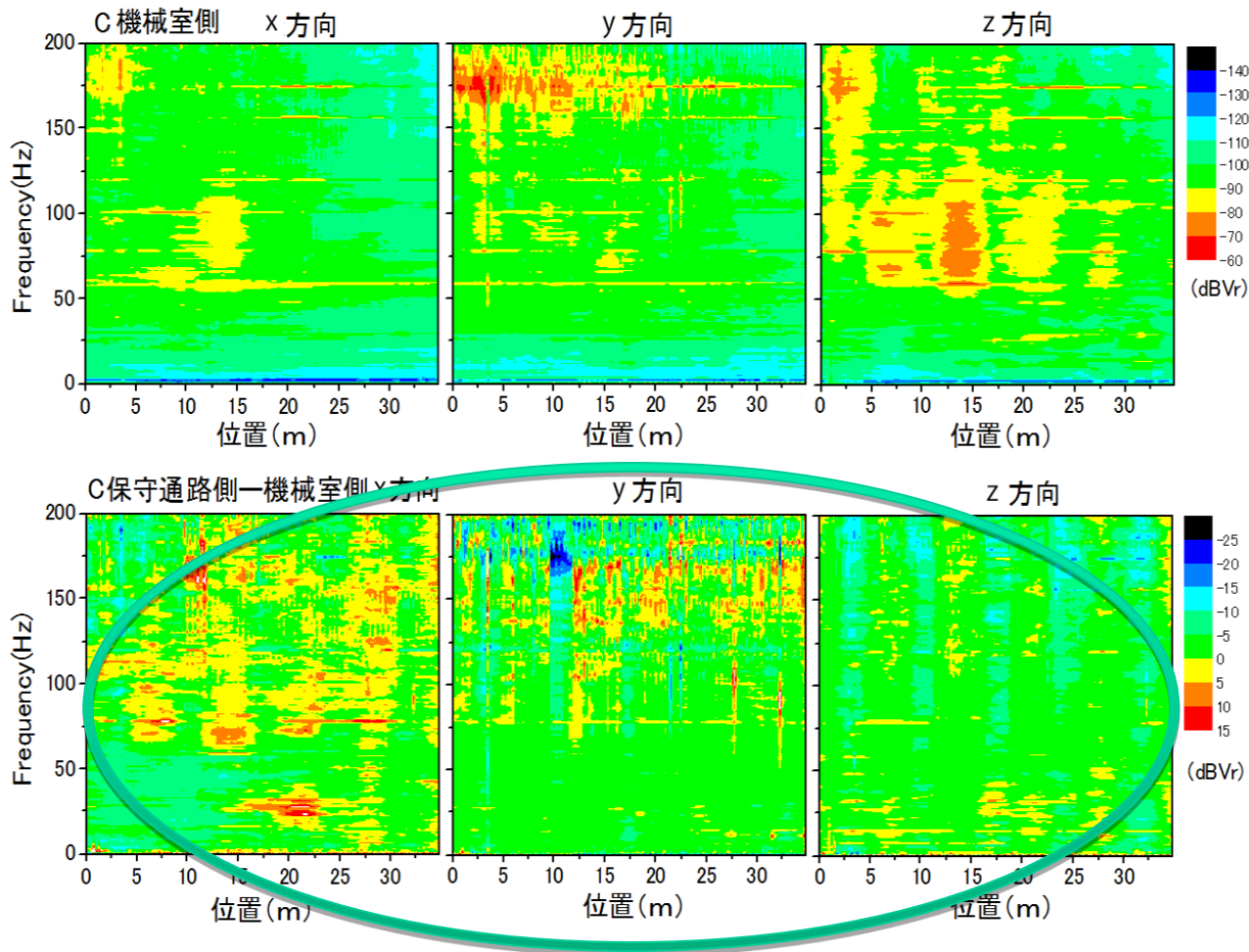
D z 保守通路側 ← 通り芯



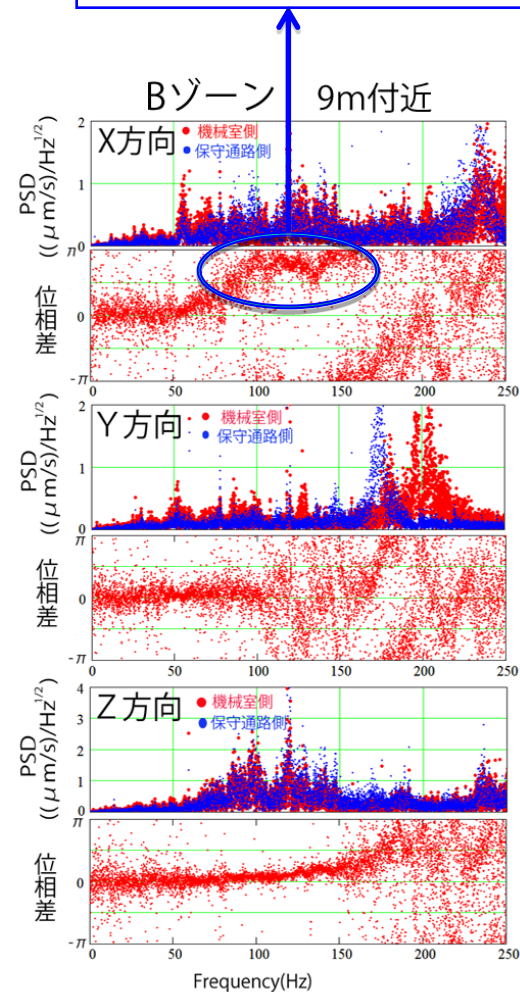
パイプを支えている



# Expによる減衰と位相差



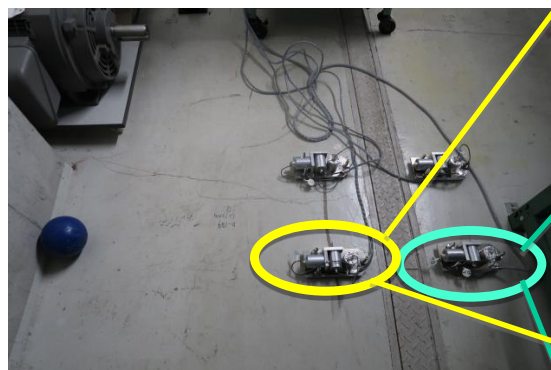
Exp.を挟んでX方向は  
逆向きに振動している



黄緑 (0~-5dB) が多く、青緑 (-5~-10dB) もある

# 加振テスト1

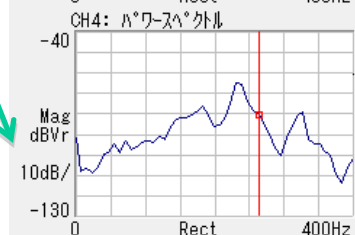
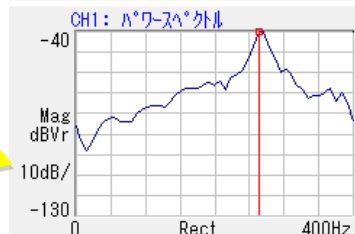
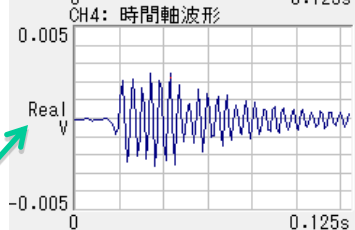
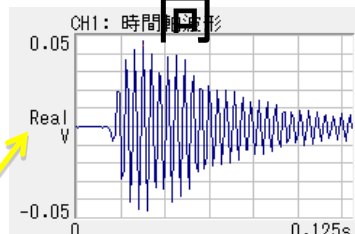
機械室側床でZ方向加振  
(冷却水用ポンプ停止時に測定)



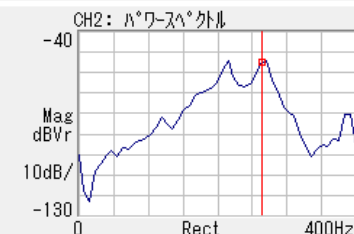
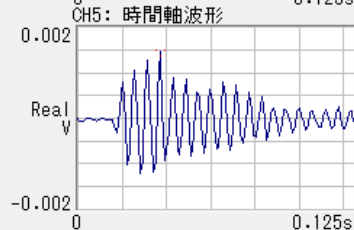
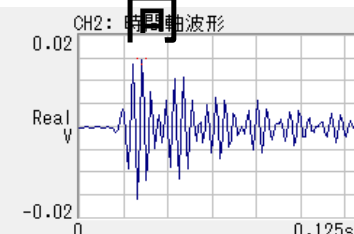
↑  
Exp.

固有振動が  
見えている

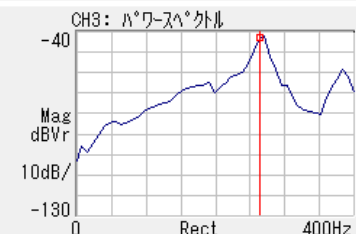
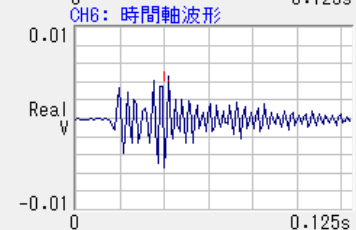
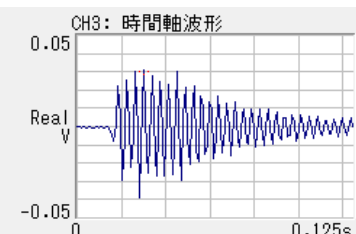
X方  
向



Y方  
向



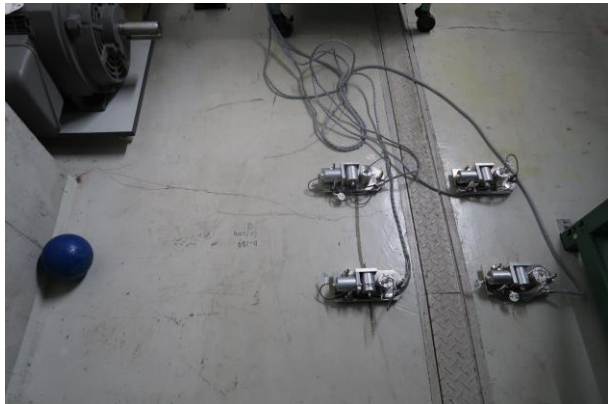
Z方向



# 加振テスト2

各ゾーン2カ所、X、Y、Z、3方向から加振

加振と同じ向きデータのわかりやすい結果になっている



機械室側から加振

↑  
Exp.

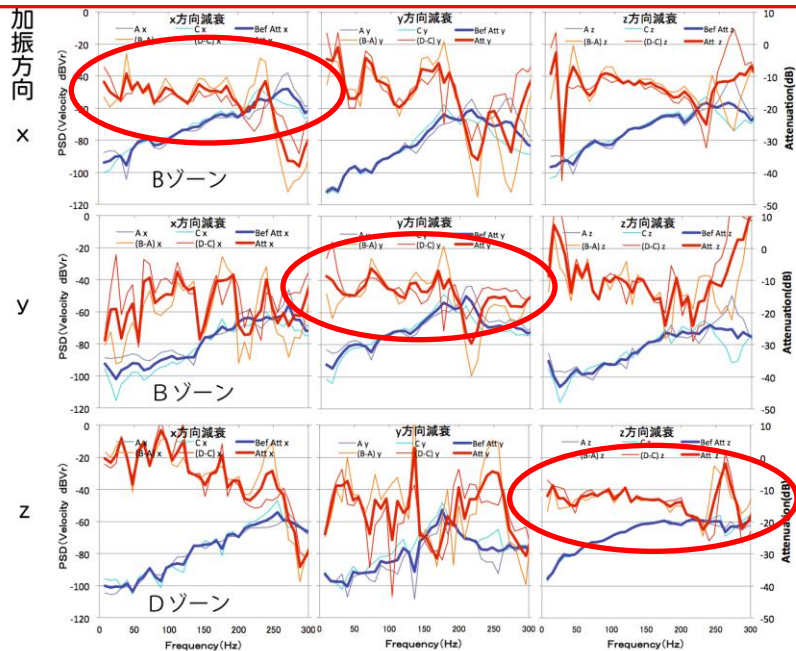
Exp.  
↓



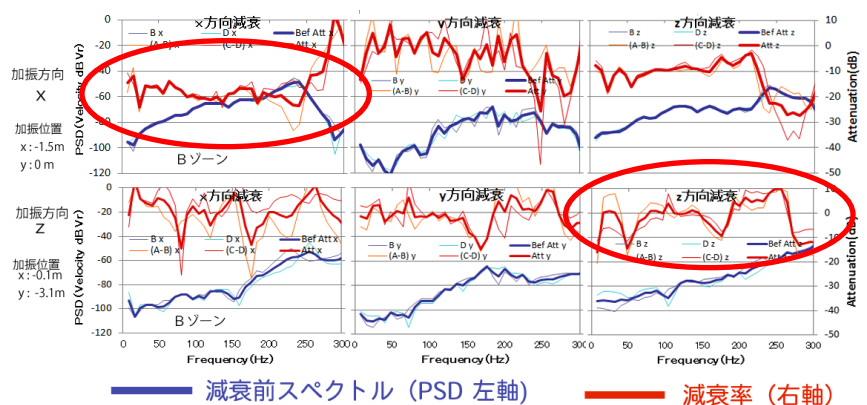
保守通路側から加振



砲丸落下



-10dB程減衰



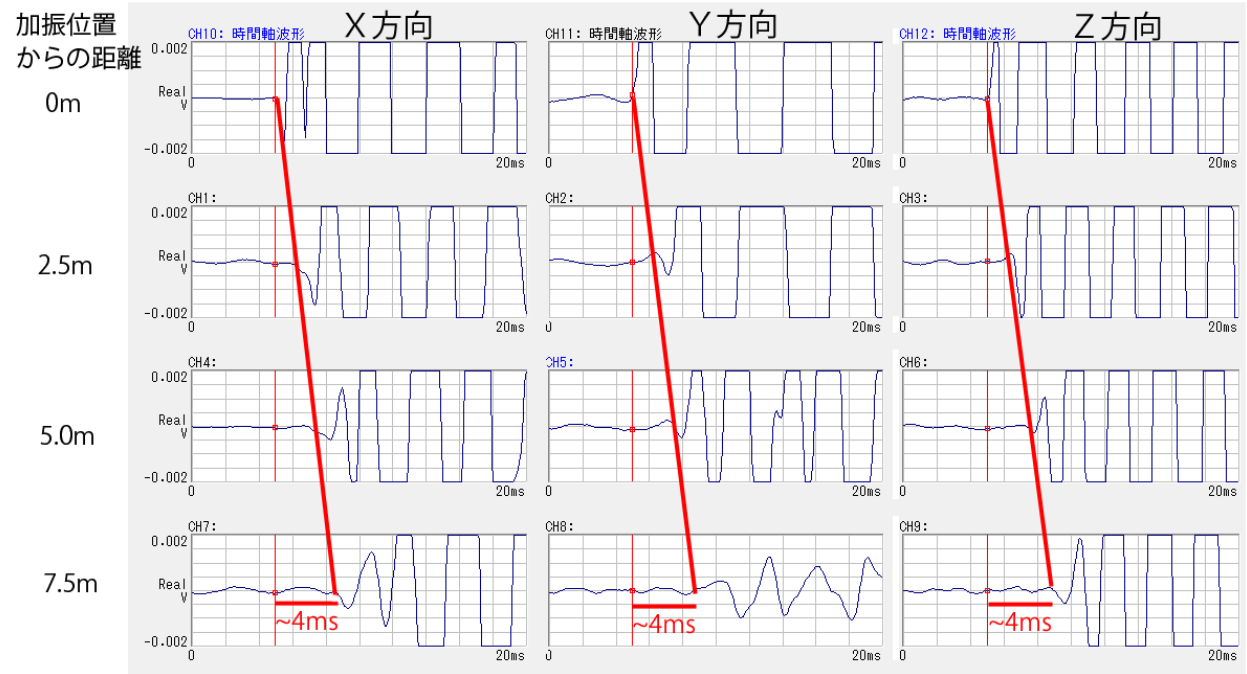
# 伝搬速度の測定

砲丸落下

センサーまで2mの位置



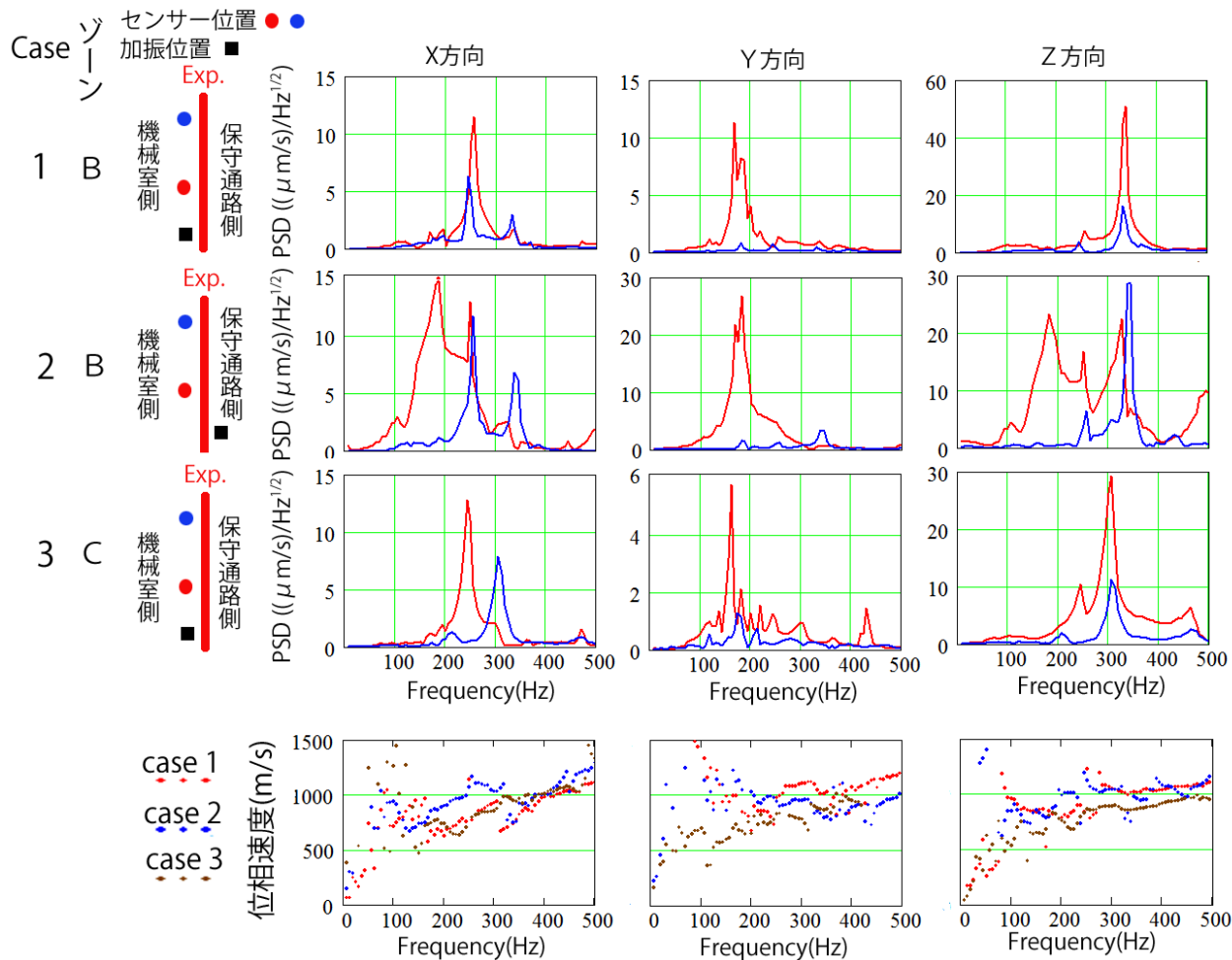
P波



$7.5\text{m}/4\text{ms} \sim 2\text{km/s}$



# 位相速度 S波



3ケース、3成分 ~1km/s



# 振動モード

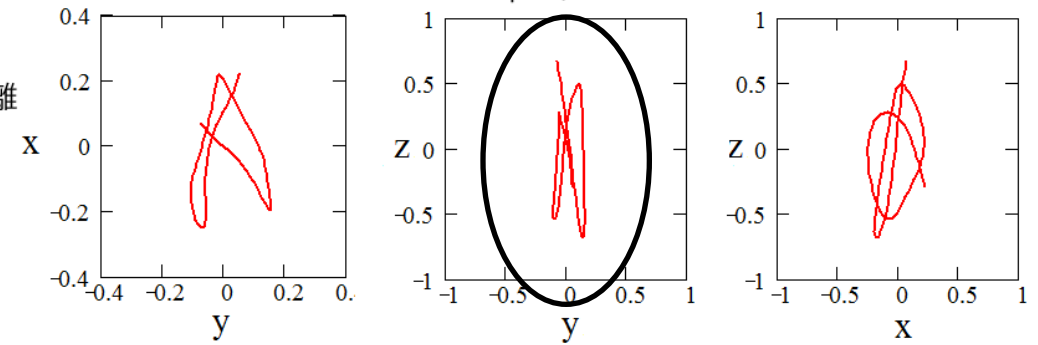
砲丸落下  
センサーまで2m

砲丸による速度出力を1回積分し、xy面、yz面、xz面に投影したもの

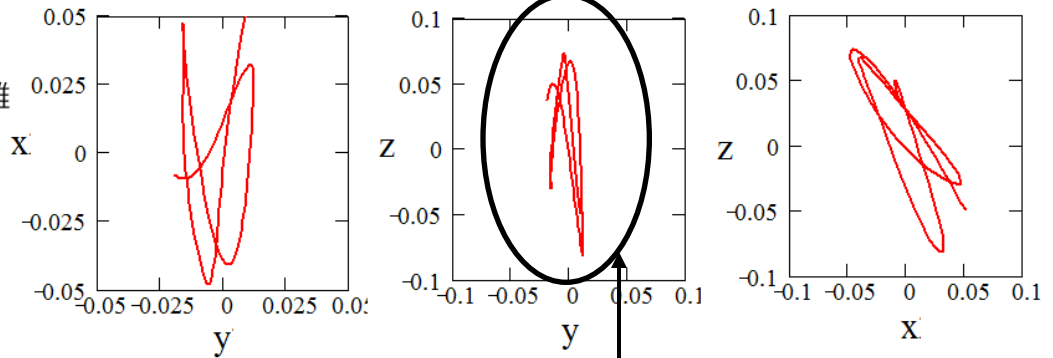


振動の軌跡 (単位  $\mu\text{m}$ ) 時間 8ms

加振位置  
からの距離  
2m



加振位置  
からの距離  
9.5m



レーリー波な  
ら円運動

## 6) まとめ

今回調査したExp.は通常の稼動時、加振テスト時ともに200Hz付近まで見る限り振幅で-5dB(約1/2)程度減衰していることが確認でき、Exp.を設けたことは効果があったと認められる。

機械室と保守通路の間の今回調査したExp.がある幅2.5m程度の細長いエリアでは、7m間隔の通り芯が振動の節になっていて、その中央の振動振幅が大きい

40cmのコンクリートの下は土なので振動の伝播は主にスラブが担っていると考えられる。床の主な振動はレーリー波のような表面波ではなく、P波に続くS波で伝播しているように見え、位相速度は1km/s程度でp波の1/2であった。

Exp.による減衰のモデルを考える際、減衰率とともに速度や位相も参考になると思われる。ハンマリングテストでもフーリエ変換で位相差は計算できるがサンプル数が少ないので連続的に加振できる装置を使って統計誤差を減らす必要がある。

機械室のポンプにより配水管や支柱も含め誘起される振動モードはいろいろある。まず各ポンプのところで加振テストを行いシミュレーションと測定でモデルを精緻化していけば対策を検討することができると考えられる。

収納部も磁石も重く、高い周波数は通りにくく、当然振幅も小さい。機械室では270Hzとか340Hzでピークがあるが電子ビームへの影響は小さいと考えられる。