

東日本震災から学ぶ 被災状況と実験室での地震への備え

東北大学大学院工学研究科
田中 秀治

1

東北大学のMEMS研究施設



東北大学 青葉山キャンパス



マイクロマシニング研究教育センター (MNC)



西澤記念研究センター(試作コインランドリ)
(4/6インチMEMSライン)



田中(秀)研CR(20 mm 角ライン)

2

青葉山キャンパス・工学研究科等



3

電気系の被災状況



4

仙台亜炭

- 炭質亜炭は、明治から木桶風呂（鉄砲風呂）やダルマストーブなどの燃料として盛んに採掘されるようになり、広瀬川沿いの青葉山、越路山（八木山）、向山などのほかに、現在の仙台市内にあたる地域では宮城郡広瀬村や大沢村、七北田村や根白石村でも採掘が行われ、鉱山鉄道を敷設する鉱山もあった。
- 燃料事情の悪化に伴って、太平洋戦争が始まった1941年（昭和16年）から戦後占領期の1949年（昭和24年）までは、石炭とともに亜炭の採掘は国の重点施策となり、最盛期となった。そのため昭和30年代までの仙台では、夕方になると煙突から立ち上る煤煙と亜炭特有の甘酸っぱい匂いが街中にただよっていた。
- エネルギー革命の中で日本の亜炭採掘は1960年（昭和35年）頃から急激に減少して、仙台でも1965年（昭和40年）頃には炭質亜炭の採掘が終了した。
- 1980年代頃から住宅地の真下に掘られた坑道の落盤により、市内の至る所で地盤沈下（陥没）が発生。坑道延長が極めて長く、採掘記録がほとんど残っていないことから、抜本的な対策が講じられない状況にある。

5

出展：ウィキペディア

機械系キャンパス



6

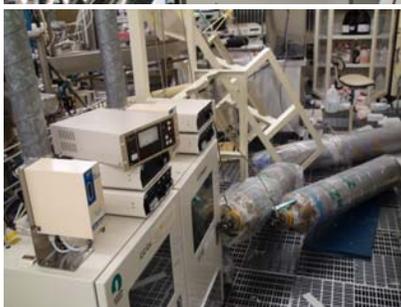
MNC クリーンルーム



←横倒しとなったDRIE装置



↑周辺装置が横倒しになり、真空ポンプや真空配管が破損した別のDRIE装置



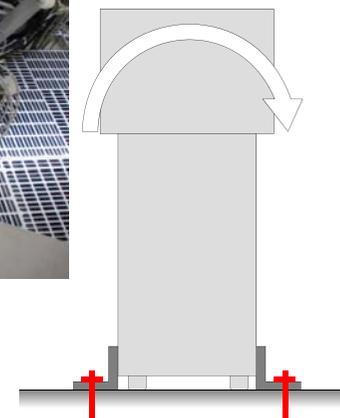
←鎖を外れ、横倒しになった47Lポンプ

7

横倒しになったDRIE装置



↑装置にL字金具をねじ留めせず、平行移動防止を図った結果



8

装置固定法の一例



高周波電源に穴をあけるのが困難であったため、L字金具で平行移動を阻止。重心の低い装置で、べた置きのものには有効。→
(比較的揺れの小さかった西澤センター 2階スパーククリーンルーム内)

9

ボンベスタンドへの鎖の固定法



10

地震で開いたリング

対策後のフック

転倒・傾斜した装置



←制御装置と一緒に外れたグレーティング(金属スノコ)



↑大きく移動して隣の装置と衝突し、さらに制御ラックが転倒した成膜装置、制御ラックは隣の装置に食い込む。

制御ラックが転倒し、隣の装置に寄りかかる。→
(2011年4月7日の余震後)

11

変形した固定具



装置の足と留め具

ボンベ固定チェーンのリング

対策品のフック

12

震災後の装置固定方法の一例



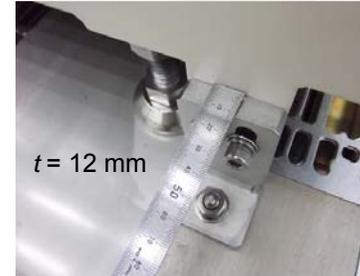
装置をグレーティングとその下の鉄骨の両方に固定。長ボルトは、グレーティングの裏表、鉄骨に渡したアングル材の裏表でねじ留め。グレーティングには力分散板を取り付け。

13



装置固定法の一例

(比較的揺れの小さかった西澤センター 2階スーパークリーンルーム内)



14

↑重い装置はできるだけ厚い金具で固定。



↑建屋の梁（H鋼）を跨ぐようにアングル材を渡し、そこにボルトで固定。

机や装置の上に乗っている物品

↓机から落下した測定器類、転倒した薬品庫



↑ディスプレイと一緒に崩れ落ちた露光装置

15

接合装置のディスプレイが精密治具（ウェア固定ステージ）上に落下。→

MNC 機械室



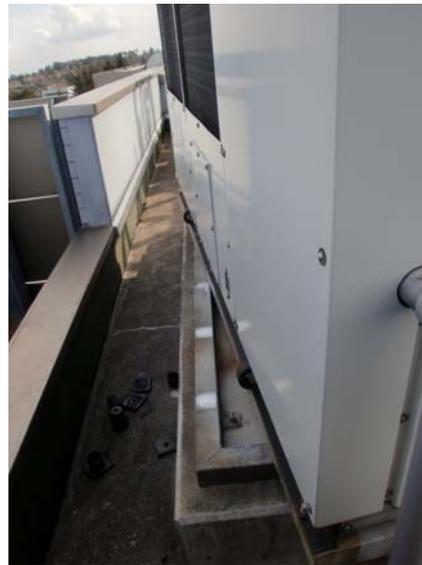
↑固定していた棚が倒れ、ストック品が破損



←空調機と熱交換器のパイプが破損して、水漏れが発生
塩ビの長くて細い空気抜き管が破損して、水漏れが発生

16

クリーンルームの屋上施設



17 ↑支柱が破損し、歪んだ冷温水パイプ

↑支持しているダンバが破損し、移動・故障した空冷チラー

建物周辺



↑ ↓陥没したMNC外周のアスファルト



↑陥没した建物外周のアスファルト (2011.6.28)



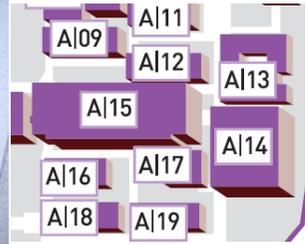
(2011.4.21)



(2011.4.8)

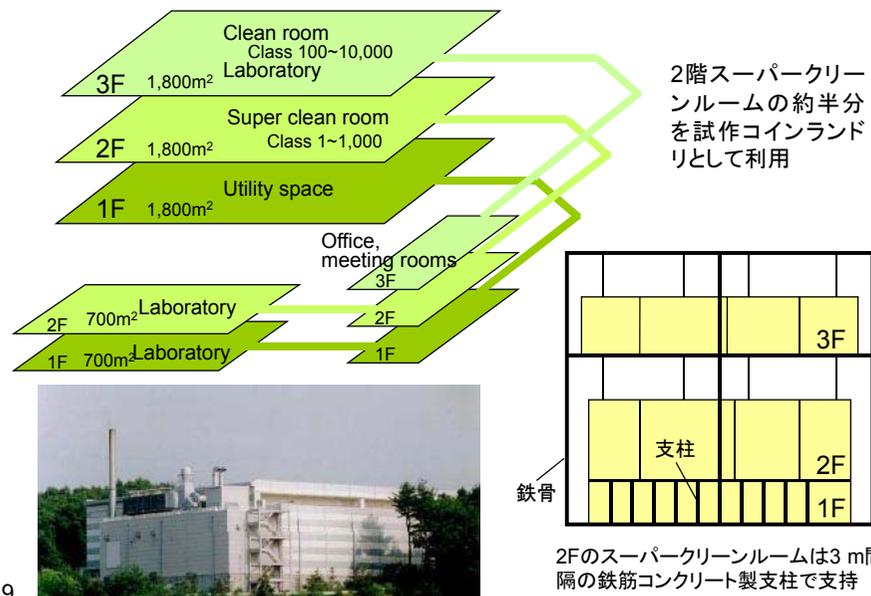


18



(2011.3.16)

西澤潤一記念研究センター(旧半導体研究所)



19



西澤センター 2階 スーパークリーンルーム



20



重心の高い装置は転倒。→

西澤センター 3階 クリーンルーム



↑装置が移動。天井と柱との間が割れ、また、多くの内壁が崩れ落ち、石膏ボードの破片・粉末が大量に飛散。

Siエピ成長炉の四塩化ケイ素入りガラス容器が破損し、四塩化ケイ素が約5L飛散。塩化水素ガスが発生し、周囲の金属部品が腐食。→

21

西澤センター 3階 クリーンルーム



↑天井と柱との間が割れ、また、多くの内壁が崩れ落ち、石膏ボードの破片・粉末が大量に飛散。

22

西澤センター 3階 クリーンルーム 天井裏



↑天井が揺すられ、曲った吊りボルト。横方向に渡した揺れ止めがない。

23

西澤センター 塩ビ配管類



↓ドラフト裏のフッ酸排出パイプ

↑パイプが破断した冷却塔内部

←ドラフトの排気ダクト

24

まとめ

- 重心の高い装置は転倒する可能性が大きいので、下部に重量物を置くなどバランスを取るべき。
- 重心の高い装置の周囲をL字金具等で囲み、それを装置にボルト留めせず、装置が平行移動しないようにするのは、最悪。装置が倒れる。
- グレーティング上の装置はできるだけ梁などの建屋構造体に固定した方がよい。グレーティングやフリーアクセスの床板に固定する場合は固定箇所を十分多くすべき。
- グレーティングのフィンに局所的に力がかかると、フィンが折れる。複数のグレーティングに力が分散するようにして、転倒防止をする。
- L金具を用いる場合は、十分な厚さのものを選ぶ。金具の取り付け幅が小さい場合、特に厚くする。
- 排気、給排水のラインに使う硬質の塩ビ配管は破断しやすい。ジョイント部分を蛇腹や軟質の配管にすると緩衝の効果がある。
- クリーンルームの天井パネルは上から吊るされている構造でゆれに弱い。横方向の補強（揺れ止め）を行うべき。
- ポンベ立てのチェーンがポンベ立てにリングでかかっている場合、リングが強い地震で広がってチェーンが外れ、ポンベが倒れる。リングをより強力なフックに変更すべき。
- 机上の装置は、制振ジェル（Pro7という商品名）で固定するべき。
- 金属薄板でできた棚に重量物をしまわない。棚が壊れる。
- 外国製の装置には、地震に弱いものがある。
- 同じ敷地内でも土地、建物で揺れが大きく異なる。

25* 日頃の備えが重要。愛校心（愛社心）も重要。