

# 地場産業を含む産業設備・機器の被害調査と復興支援策の検討

(設備・機器震害調査班)

尾田十八<sup>1</sup>, 岩田佳雄<sup>1</sup>, 坂本二郎<sup>1</sup>, 田中志信<sup>1</sup>

本調査班では能登半島地震の被害地域で生産活動を行っている企業や、地場産業における生産機械、設備等、さらに生活関連機器等の損害状況を調査し、これを今後の各種機器・システム設計に生かすことを目的とし、以下に示す3つの大きなテーマを調査対象とした。

- ①産業設備機器類の被害とその復興調査
- ②地場産業の被害とその復興調査
- ③病院や医療関連施設における被害とその復興調査

## 1. 序論

平成19年3月25日午前9時42分頃に起こった能登半島地震は、これまで大きな地震も無く、また今後もほとんど生じないであろうと言われていた能登地区、特に輪島・穴水・富来・七尾などを中心に大きな被害を与えた。これらの地区は過疎地区であったため死亡者こそ少ないが、全壊家屋400棟を超え、能登有料道路をはじめとする交通網は各所で寸断され生活物資輸送問題等、多くの住民生活に直接関係するような被害を与えた。

本調査班では今回の地震被害に関して、特に住民の生活や被害地区を中心として生産活動を行っていた各種の企業等におけるその被害状況並びに復興状況を調査し、今後の地震対応を考えた生産設備や生活関連機器等の設計の考え方や方法論について検討することを目的とした。

## 2. 産業設備機器類の被害とその復興調査について

### (1) はじめに

ここでは主に工場内の産業設備機器の被害について報告する。被害の実地調査は志賀町能登中核工業団地内及び輪島市門前町にある計4つの事業所について行われた。いずれも震源から近く、震度6弱～6強を記録している。能登半島地震が発生したのは3月25日の日曜日であったためほとんどの工場が休業中であり、工場内における人的な被害はなかったようである。ライフラインの被害については、門前町で断水が10日間続いたが、それ以外については大丈夫であった。ただ地震当日は固定電話、携帯電話ともにつながりにくい状態であった。以下に、事業所の地盤、建物、設備機器の被害と復旧につて実地調査した結果について報告する。なお、調査は日本機械学会A-TS10-28産業施設の耐震問題研究会が2006年に作成した地震調査マニュアルを基に行われた。

### (2) 地盤の被害と復旧

丘陵地帯に造成された工業団地においてはのり面が崩れるなど、一般に盛土の部分の被害が大きく、地盤沈下、道路のひび割れ(写真1)、工場社屋外周の段差(写真2)が目立つ。道路のひび割れ、社屋の段差は数cmであった。特に増設した社屋との境界上の床には大きな亀裂が生じていた。

<sup>1</sup> 金沢大学自然科学研究科 人間・機械科学専攻 (平成20年3月現在)

盛土上におかれたクーリングタワーなどの大型設備の基礎は、土が揺れることでほとんどが沈下していた。復旧策としては、のり面の補強、ひび割れを応急的に埋める、アスファルトの再舗装、社屋の段差を補正するなどがなされていた。

### （３）建物の被害と復旧

工場社屋は切土部分にある場合が多く、さらに重量物設置のために頑丈な施工が行われており、大きなひび割れや沈下は見られなかった。ただ切土と盛土に跨っている床の場合には盛土部分が大きく揺れたようで、床のひび割れが目立っていた。社屋内では天井の被害が大きく、特に２階においては吊り天井が落ちた例もあった（写真３）。吊り天井は地震によって大きく揺れて柱や配管と衝突し、その部分の破損が目立った。また天井エアコンや照明機器が脱落している事例（写真４）が多かった。非常灯が落ちた事例もあった。社屋の揺れによって壁にひびが生じていたが、建物の強度に影響することはなかったようである。ただパーティションのガラスが割れていることが多く、これらの設置は安全を考慮する必要がある。

余震によってさらに天井吊り下げ式の空調、ダクトや蛍光灯が落下する危険性があったため、二次災害の防止上、応急処置としてすべてを取り外した事業所があった。吊り天井の修復工事においてボルトピッチを小さくし、今後の地震に備えることも行われていた。

### （４）工場内設備機器の被害と復旧

工場内の工作機械や生産設備は地震によって大きくずれたものが多かった。アンカーボルトにより固定してないものは床上を引きずるように移動し（写真５）、その跡がはっきりと残っていた。アンカーボルトによって固定してある場合でも地震の揺れによりアンカーボルトが抜けたり（写真６）、破断したりしていた。また機械の高さ調整のため下駄の上に置かれただけの工作機械は、激しい上下振動によって下駄から脱落し、転倒しているものもあった。地盤のしっかりした工場ではパソコンディスプレイのみが転倒しただけのところもあり、被害に対する地盤の差がはっきりと現れている。資材置き場の棚などは固定されてないものが多く、揺れの方向に倒れ易いものはほとんどが倒れていた。ワークが固定された治具類も転倒、落下したものがあった。配管類については、破壊した事例はなかったが、地盤沈下や建物の変形によって曲がったものが数多くあった。タンク固定用ボルトが抜けたり亀裂が入った事例もあった。

復旧においては各種工作機械メーカーがすばやく対応し、翌日には修復作業が行われた例もあった。最近の地震の多発により、このようなネットワークが形成され、実際に役立っている。ずれた工作機械は再設置され、アンカーボルトも打ち直されて精度の検定も行われ、その後引き渡されたが、まったく元の状態に戻っているという保証はないので、不安が残るとのことであった。地震翌日から一部操業し始め、順次復旧して完全復旧に 10 日ほど掛かった例、完全停止して総点検し、異常がないことを確かめてから操業を始めたものなど、復旧の状況は様々であった。

### （５）おわりに

今回の地震では工作機械が転倒するような被害はなく、揺れによって設置位置がずれたものがほとんどであった。このような場合には、アンカーボルトで床に固定してあった方が工作機械の破損が大きいようであったが、アンカーボルトによって転倒しなかった可能性もあり、あらゆる地震に対しての対策を考えるうえでは難しいものがある。今後も調査結果を分析し生産設備機器の地震対応について検討して行く予定である。



写真1 アスファルトのひび割れ



写真2 工場建屋外周にできた段差

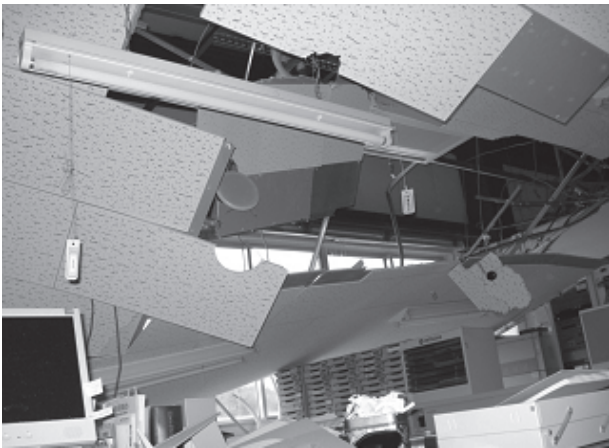


写真3 落ちた天井



写真4 天井式エアコンの脱落



写真5 ずれた工作機械



写真6 破損したアンカーボルト

### 3. 地場産業の被害とその復興調査について

#### (1) はじめに

能登半島地震は輪島塗や地酒などの伝統的な地場産業にも大きな被害を与えた。これらの産業においては、個人経営に近い小規模企業が多く製造の担い手も高齢化していることから、地震被害の影響は深刻で、その復興についても多くの困難が予想されている。本調査班では、地場産業の被害とその復興調査として、輪島塗と地酒造り等の伝統工芸を中心とした調査を行った。

#### (2) 輪島塗産業における被害調査と復興状況

【輪島塗産業の背景】輪島塗は関連する事業従事者約 2,000 人を抱える輪島市の基幹産業である。輪島塗は、木地作りに始まり沈金・蒔絵の加飾がほどこされるまでに、約 40 工程、124 の手数がかかるといわれている。製造は基本的に分業制で、木地、塗り、加飾の 3 部門に大まかに分けることができ、塗りを担当する塗師屋（ぬしや）が分業の専門家を束ねるプロデューサーとしての役割を果たしている。このような分業体制のため、一言で輪島塗と言っても、作業場の形態と規模は様々で、特定の工程を 1 人で作業している所から、全工程を大勢で集まって作業している所まで多種多様な状況である。

【被害調査と復興状況】輪島塗の製作現場における被害状況を把握するため、第 3 回漆工交流会（NPO 法人漆工研究会主催、輪島漆芸美術館、平成 19 年 5 月 25,26 日開催）に参加の事業主 20 名を対象にアンケート調査を行った（回収率は 11/20）。回答者の主たる作業内容は木地、研ぎ、下地、塗り、指物、沈金、蒔絵、修復と多岐にわたる。従業員数は 1～10 人が 70%、11～20 人が 10%、21～30 人が 20%で、大半は 1～3 人が自宅もしくはそれに隣接した作業場で作業をしていると考えられる。アンケートの質問は、工房・作業建物被害に関する項目が 13、設備等の被害に関する項目が 8、作業の内容や規模等に関する項目が 5 の計 26 項目である。その中から幾つかの項目について、集計結果を示す。

工房・作業建物の建築形式についての質問では、鉄骨造が 15%、木造・土蔵が 85%と木造・土蔵が多かった。木造・土蔵の工房・作業建物について、内壁の被害に関する質問には、75%が壁の表面（土壁等を含む）にひび割れを生じ、25%が壁の表面が落下したと回答している。室内の製造材料、機器、工具、製品の被害に関する質問で、被害があったとする項目が全体の回答に占める割合を図 1 に示す。

これによると回答の半数以上が、保管中もしくは製作中の製品の破損か漆桶の転倒の被害に遭っていることがわかる。これに対し、製造機器の転倒や工具の破損については全体の 16%と製品の被害に比較して少なく、作業場が復興すれば、作業の再開が可能である状況が推測できる。製品の被害状況の記述からは、箱に入れていなかった製品の破損が多いことがわかった。また、漆を乾燥させる際に製品を入れておく塗師風呂（湿度と温度を一定に保つための収納庫）の中で製品が転倒し、塗り工程の途中で被害を受けた製品が多いこともわかった。現在の状況についての質問では、作業を再開したとの回答が 70%、作業を再開する見込みとの回答が 20%、その他の回答が 10%であった。

以上のアンケートは、回答者数が少なく、また交流会への参加者に限定されているため、必ずしも輪島塗産業全体の状況を反映しているとは言い難いが、当該アンケートと平行して行った現地輪島塗関連施設や事業者に対する訪問調査からは、被害の多くは土蔵を作業場としていたところで起きており、建物被害により作業場が失われたことが大きな打撃となっていること判っている。また、

製造機器や工具の被害は比較的少ないが、伝統的な分業制のため一つの部門が被害を受けると、他の部門も影響を受けやすく、これが復興の遅れにつながらないか懸念されている。

### （３）酒造業における被害調査と復興状況

今回の地震被害を受けた地域には、輪島市内に４社、門前地区に１社の造り酒屋がある。いずれも個人経営かもしくは従業員 10 名程度の小規模企業である。５社のいずれも土蔵の酒蔵が全壊、半壊もしくは一部損壊に該当する被害を受けている。建物の被害が最も大きい、その他の直接被害としては、酒の流失、タンクの損傷、機器の破損等が挙げられる。間接的な被害としては、酒蔵の修復のためタンク等の大型機器を移動しなければならないことが挙げられる。特に、酒蔵が通りに面しておらず敷地内部にあるところが多く、これが修復を困難なものにしている。以下に２社（Ａ社、Ｂ社）の訪問調査の結果をまとめる。

２社とも酒造りは地震の前に終了していたため、地震前に運び出したものや流出を免れたものは製品として販売されている。ただし、地震の際はタンクが揺れたり、土台から落下して傾いたりしたことで、かなりの量の酒が流出している。Ａ社では、酒蔵の損壊と酒の流出が主な被害であったが、Ｂ社ではその程度が大きいのに加えて、約 4,500ℓのタンク 2 台がコンクリートの土台から落下して傾くという被害が見られた（写真 7）。また、酒蔵に設置された絞り器の上固定部が破損し、下固定部のコンクリートにも破損が認められた。

タンクは内部がホーローになっており、衝撃で破損し易い。内部のホーローが壊れると、そこから鉄分が溶け出して酒を変色させたり味わいを損ねて、商品としては使えなくしてしまう。地震でタンク同士がぶつかり合っ内部損傷が発生したものもあり、外観からは見つけにくい被害である。現状ではタンクがコンクリート台上に載せられているだけのものが多く、またタンク同士の間隔も近接している。今後、地震によるこの種の被害を避けるためには、タンクの設計やタンクの設置方法に改良の余地があると考えられる。

### （４）おわりに

輪島塗および地酒の地場産業について調査結果をまとめた。震災地におけるこの他の主要産業としては観光業が挙げられる。輪島塗と地酒はともに観光産業と密接につながっており、風評被害の影響も心配されている。今後の速やかな復興のためにも、多くの方に奥能登を訪れて現地の伝統工芸や地場産品に触れて頂きたいものである。

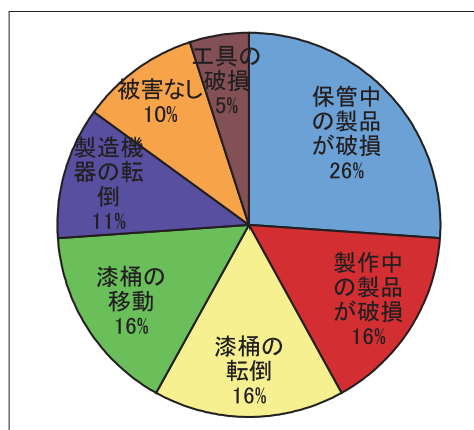


図 1 室内の製造材料，機器，工具，製品の被害の割合



写真 7 コンクリート台から落下して傾いた酒造タンク。背景は土壁が落ちた酒蔵の内壁

## 4. 病院や医療関連施設における被害とその復興調査について

### (1) はじめに

先の能登半島地震に際して、市立輪島病院における透析医療設備の損壊とそれに対する周辺医療施設の速やかな連携協力（透析患者の受け入れ）が報じられた。今回の地震の被災地である能登北部には公立・個人を含め 60 余の医療施設（病院・クリニック等）があり地震被害の影響を被っている。本調査班では、この様な病院や医療関連施設における被害とその復興状況について調査を行ったので報告する。

### (2) 医療施設への被害状況アンケート調査

地震発生から約 2 週間後の 4 月 11 日、本研究科社会基盤工学専攻宮島昌克教授は能登北部の 67 医療施設を対象に「医療機関の被害に関するアンケート調査」を実施した。主な調査項目は下記の通りで、最終的な回収率は 76.1%（公立 8 施設からは全て回答有り，個人病院・クリニック等からは 59 施設中 43 施設から回答有り）である。

- (1) 建物の被害・不具合
- (2) 生活機能の被害・不具合
- (3) 設備の被害・不具合
- (4) 医療機能の被害・不具合
- (5) 地震発生後の医療活動
- (6) 病床数等

この中で医療機器については項目(4)で具体的に機器名を挙げ被害状況等の回答を求めている（下記参照）。

- 【調査対象医療機器】 X線透視装置，フィルム現像機，血液検査機，X線 CT，MRI，アンギオ・心臓カテーテル，生命維持装置，人工透析，自動分包機，ナースコール
- 【被害状況等調査項目】 不具合の有無，不具合の原因（機器自体の故障，停電，断水，その他），装置の固定状況

この中で「不具合有り」の報告件数が最も多かったのは「フィルム現像装置（11 件）」であるが、被害そのものは現像液や定着液等の薬液が床にこぼれたり液槽内で混合してしまったというもので装置自体の故障ではない。

同様に機器自体の故障ではなく断水や停電等のライフラインのトラブルにより使用できなくなった機器も多い。具体的には MRI や X 線 CT 装置が停電のため，また透析装置や X 線透視装置，内視鏡が断水のため使用不可となっている。冒頭の市立輪島病院の場合も透析装置（いわゆるベッドサイドコンソール）自体には被害は無かったが，透析液調製用の配管系が破損したため透析治療が不可能となっている。

### (3) 被害状況の現地調査（志賀町富来地区）

被災時の医療設備・機器の被害状況を把握するため，まず震央に最も近い羽咋郡志賀町富来地区の公立（1 施設）及び個人病院（2 施設）の訪問調査を行った（平成 19 年 6 月 8 日）。

写真 8 は公立病院（ベッド数：100 床）に設置されている MRI 装置の写真で，写真奥の「ガントリー」と呼ばれる頑丈な構台内部には強磁場を発生するための超伝導磁石が装備されており総重量は 12t を超える。しかしこの様な重量構造物にも拘らず医療機器の特殊性（後述）故に床面にアンカー固定されていない。その結果，写真 9 に示すようにガントリー右手前の脚部は地震により右方

向へ数センチ移動し床面を捲り上げていることがわかる。写真 10 は左手前の脚部拡大写真で、装置全体が右に移動したために脚部カバーがはずれ床下の配線が覗いている（以上、各写真共に該当病院提供）。この様に今回の地震では超重量級の MRI 装置が数センチ水平移動したものの機能的には大きなダメージも無く、メーカー担当者が磁場測定等を含む再調整作業を特急で行い二日後には復旧している。

工作機械等でも 10t を越えるような装置は珍しくなく、そのような装置は地震対策も含めて床にアンカー固定されているのが一般的である。これに対して「なぜ 12t もの MRI 装置をアンカー固定しないのか」製造メーカーに問い合わせたところ、以下のような回答を得た。

- ① 構造上低重心であり地震に際して転倒の恐れはほとんど無い
- ② MRI 装置は強磁場を発生するため、設置場所の壁・床面の全てに磁気シールド処理が施されている。
- ③ この様な設置状況でアンカー固定してもしも大地震に襲われた場合、床面のシールドを破損する可能性が高く、その補修に要する期間や費用を考え合わせると固定しない方が良い。

なおこれの半分の重量（6t）の同社 MRI 装置はアンカー固定しているとのことで、その理由は地震対策とは無関係で装置自体の制振が目的とのことであった。

一方、震災直後この施設で最も困ったことは何か聞いたところ、本震だけでなく余震（震度 4 以上）の度にエレベーターが緊急停止することで、これを解除するためその都度メンテ会社に連絡し担当技師に来てもらっていたそうである。そして利用可能になるまでの間、入院患者への配膳等は全て階段を使わなければならなかった。

次に訪れたのはこの地区で透析治療を行っている比較的規模の大きな個人病院（ベッド数：94 床）で、震災直後には市立輪島病院の透析患者の受け入れも行っていた。震央に最も近いこの地域だが、幸いにも断水や停電は地震直後の一時的なもので、先に述べた透析液調製用の配管システムにも大きな被害は無かったため、自院の入院・通院透析だけでなく他院の支援透析も行うことができた。なお透析装置自体に被害が無かった理由の一つとして、過去の震災経験から学んだ教訓、すなわち「ベッドサイドコンソールのキャスターはロックせずにフリーにし、地震の揺れのままに動かしておいたほうが転倒もせず無事である」ということ<sup>1,2</sup>が周知徹底されていたことが挙げられる。

#### （４）おわりに

医療施設の被害状況について、アンケート結果並びにヒアリング調査結果についてまとめた。現地調査で感じたことであるが、今回の地震が日曜の朝に発生したということが、医療施設において大きな人的被害と混乱を招かなかった最大の理由の一つと考えられる。この曜日・時間帯には通常外来患者はおらず、血液透析をはじめとする種々の治療行為も本格始動には至っていない場合が多い。

一方、前述した透析のベッドサイドコンソールの例のように、今回の震災からも学び教訓とすべきことが少なからずあるはずなので、引き続き調査結果の分析を行い医療活動における危機管理や災害に強い医療機器開発等について検討して行きたいと考えている。

#### 【参考文献】

1. 赤塚東司雄：浦川からの呼びかけ，新潟からの返事，透析ケア，11(6)，646-652，2005
2. 赤塚東司雄：能登半島地震報告 そのとき透析医療者はどう備え，どう動いたか，透析ケア，13(7)，677-681，2005



写真8 地震直後のMRI装置概観



写真9 ガントリー右手前脚部拡大



写真10 ガントリー左手前脚部拡大写真

## 5. 結語

以上、本調査班では今回の地震被害に関して①各種企業等の産業設備機器類、②輪島塗・酒造業等の地場産業、そして③病院や医療関連施設について被害調査を行った。その結果、①についてはアンカーボルト固定してあった機械の方が破損が大きい場合もあること、②については調査対象の産業が観光産業と密接に繋がっていることから風評被害の影響が極めて深刻であること、そして③については特に透析医療設備に関して地震への対策が周知されており機器自体の損傷がほとんど無かったものの、断水や給水タンクの破損などにより透析支援を余儀なくされた施設もあったことなどが明らかとなった。これら問題点に関して機械工学的な観点からは、例えば①については実際の地震の加速度データを用いて工作機械の振動状況や転倒の可能性をシミュレーション解析することにより、機械毎に適した固定方法や免振装置の設置方法に関する知見を得ることなどが可能と考えられる。このようなアプローチは②の酒造産業におけるタンクや③の透析医療施設における給水タンクの設置方法の検討にも適用可能であろう。また大量の水を必要とする現状の透析治療については、逆浸透膜による使用済み透析液の浄化・再利用等を含めて、使用する水の量を極力低減した「災害に強い」透析装置の開発が必須であり、今後産官学の研究協力により当該装置が具現化されることが望まれる。

なお本報告書の多くの部分は日本機械学会「能登半島および中越沖地震による地場産業等の被害とその復興に関する臨時調査分科会」の成果を利用して作成したものであり、当該調査にご協力いただいた関係各位にこの場を借りて深く感謝いたします。