

富山型耐震シェルターの開発と 実用化への取り組み



研究の背景

能登半島地震における
奥能登での
木造住宅被害調査
('24.3実施)

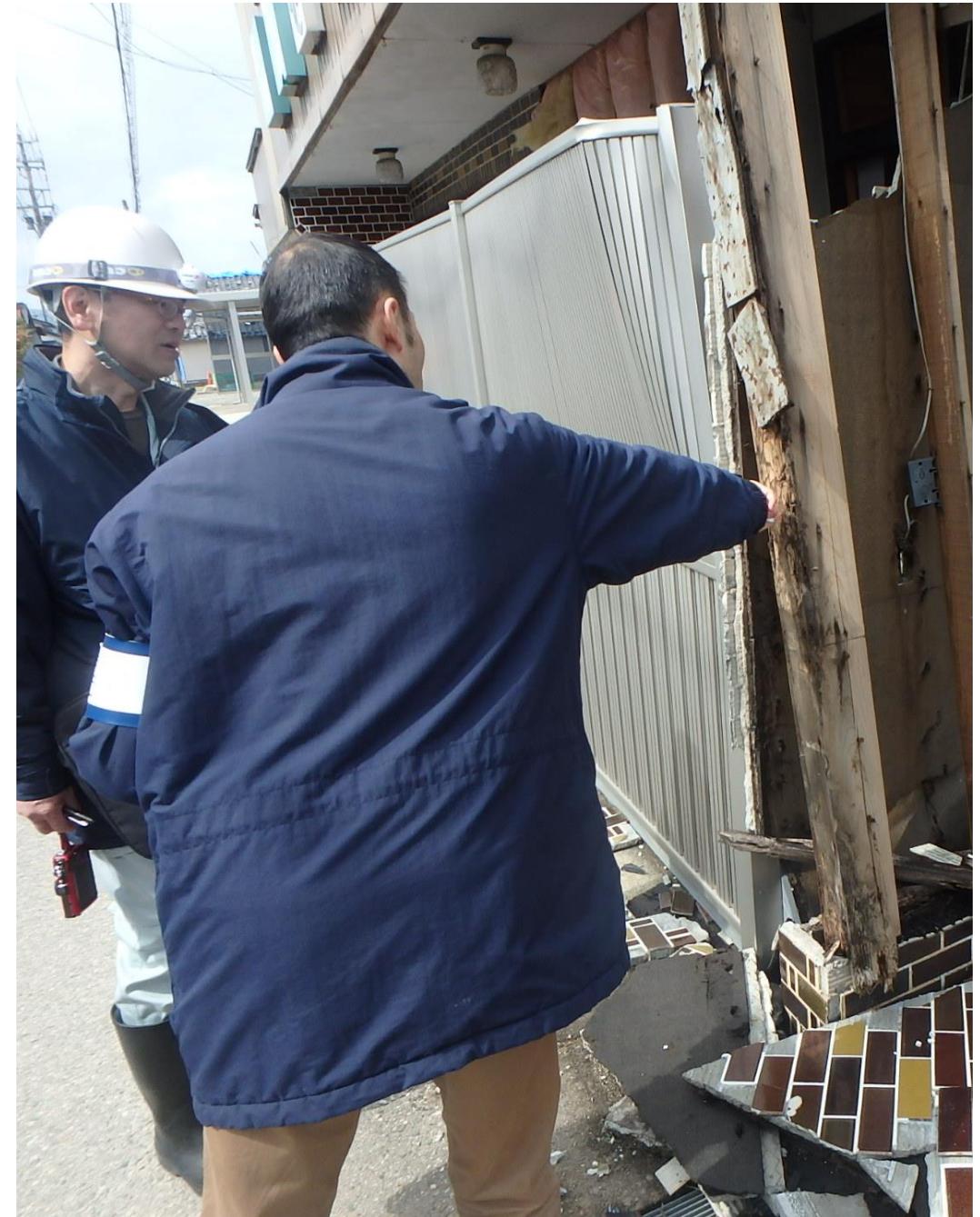
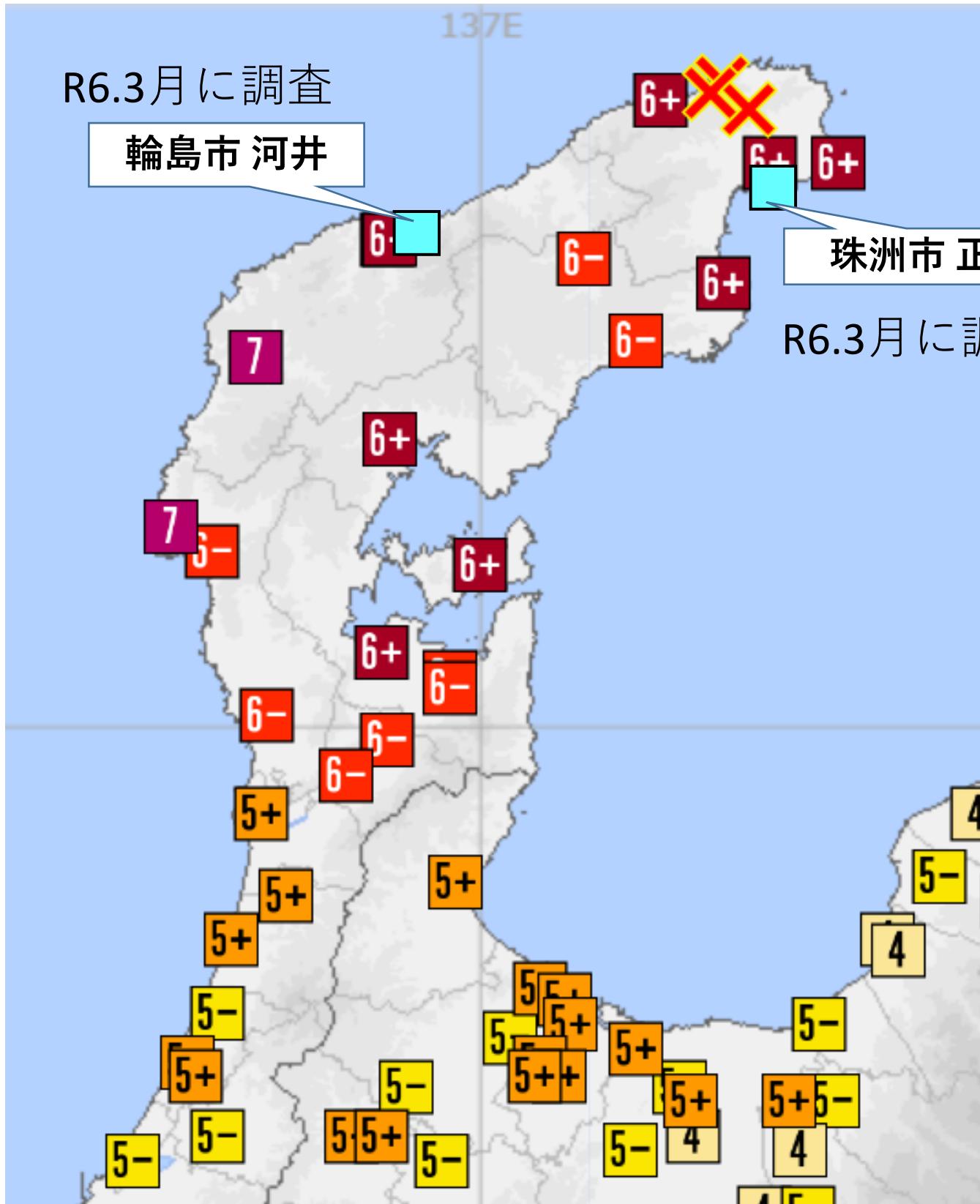
建築学会悉皆調査に加わって実施

R6.3月に調査

輪島市 河井

珠洲市 正院

R6.3月に調査



輪島市、珠洲市、
穴水町 約5000棟で
調査が実施された

気象庁 震度データ図に加筆

<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/#20240101161022>

耐震基準の変遷と被害調査の結果

1948年
福井地震

1978年
宮城県沖地震

1995年
阪神淡路大震災

2011年
東日本大震災

2016年
熊本地震

1950年～1981年5月

見直し

1981年6月～2000年5月

見直し

2000年6月～

現在

旧耐震基準

震度5程度の中地震を想定

⇒耐力壁の量の基準値は、
現在の70%程度と低い。

例



× 倒壊

倒壊・崩壊：**19.4%**
(662棟／3408棟)

新耐震基準

震度6強以上の大地震を想定

⇒耐力壁量が現在の基準となる
旧耐震基準に比べて1.5倍に。

例



△壁の配置バランスが悪い⇒全壊

倒壊・崩壊：**5.4%**
(48棟／893棟)

新耐震基準(2000年基準)

震度6強以上の大地震を想定

規定を追加して強化
⇒接合金物による部材固定
⇒耐力壁の配置バランス 等

例



○被害が少ない

倒壊・崩壊：**0.7%**
(4棟／608棟)

旧耐震基準の住宅では 大地震に備えて 耐震性の向上が重要

- ① 建替え、リノベーション
- ② 耐震改修

- ③ 耐震シェルター

既存住宅を耐震化するためには

まずは、耐震診断の相談 [(一社) 富山県建築士事務所協会]

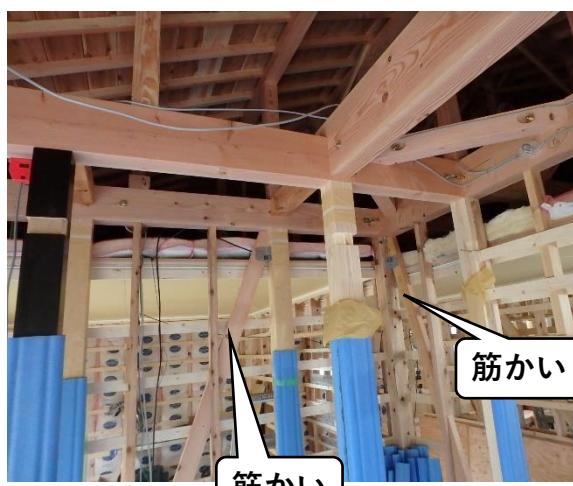
1981年5月以前着工の住宅は、費用の9割を県が補助。

つぎに、耐震改修にむけた工事 (診断結果をふまえて実施)

○耐力壁 (構造用合板、筋かい) を増やす



構造用ボード



筋かい

筋かい

○はり・土台・柱・筋かいの接合部の補強



○屋根の軽量化

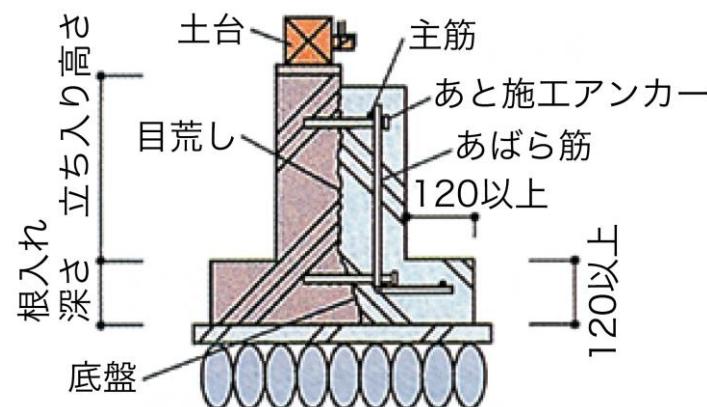
× 重い瓦



○ 軽いスレート



○基礎の補強



※図の出典：東京都都市整備局「安価で信頼できる木造住宅の耐震改修工法・装置の事例紹介」

【奥能登における調査での耐震基準ごとの被害率】

輪島市、珠洲市、穴水町 約5000棟での被害調査の結果

旧耐震基準

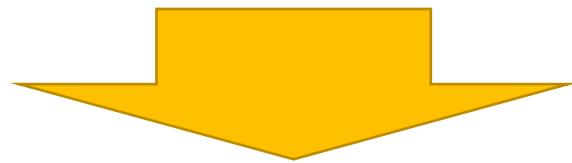
倒壊・崩壊：**19.4%**
(662棟／3408棟)

新耐震基準

倒壊・崩壊：**5.4%**
(48棟／893棟)

新耐震基準
(2000年)

倒壊・崩壊：**0.7%**
(4棟／608棟)



地方公共団体の補助を受けて耐震改修した建物 38棟での調査

- ・倒壊・崩壊：**0%**
- ・無被害：34% (13棟／38棟)
- ・軽微～中破：58% (22棟／38棟)
- ・大破：8% (3棟／38棟)

耐震改修の費用は、築年数が古く、 また床面積が大きいほど高くなる。

1階床面積	80㎡以上	
築年数	回答数	補強工事 平均額
築19年以下	10	96万5,200円
築20～29年	19	150万4,329円
築30～39年	31	196万4,677円
築40年以上	17	253万6,765円
全体	77	184万7,588円

富山の住宅は
床面積が大きい
⇒実施を断念する
ケースもある

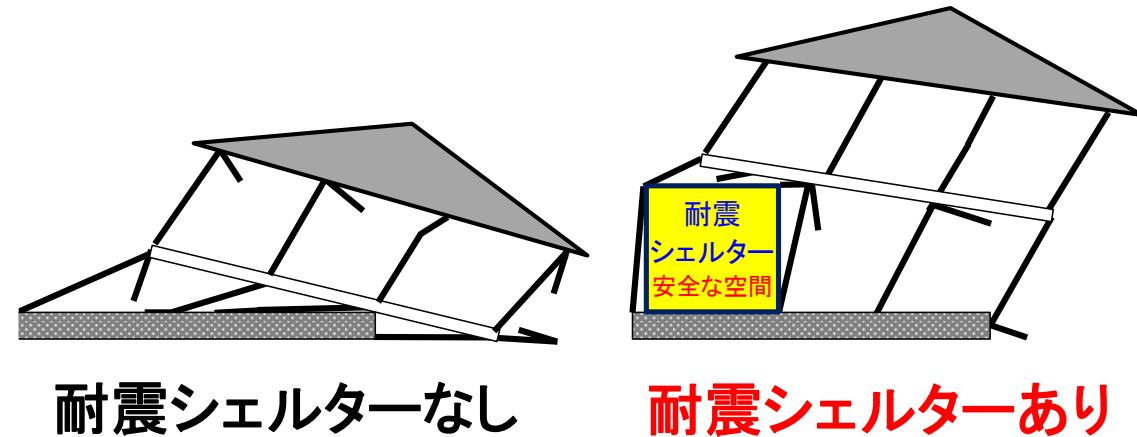
出展：日本木造住宅耐震補強事業者協同組合（2012年の調査データを抜粋）

https://www.mokutaikyo.com/dcms_media/other/201308.pdf

大地震から人命を守る耐震シェルターの開発へ

【背景】

- 費用や工期の面で、耐震改修を実施できないケースもある。
 - 旧耐震基準住宅の割合が高齢者住宅を中心に依然として高い。
- ⇒ **耐震シェルターという選択肢**



【研究体制】

富山県農林水産
総合技術センター
木材研究所
⇒ 設計、強度試験



民間企業 製材、
プレカット、金物メーカー

共同研究 2024.7.1～
東京理科大学 高橋 治 教授
⇒ 技術支援、アドバイス

2024.1.15 木材研究所を訪問
能登半島地震後の早い段階で、
建築分野での協力を申し出て頂いた

2025.2.7 富山で講演

能登半島地震被災地での復興に向けた
建築分野の取り組み



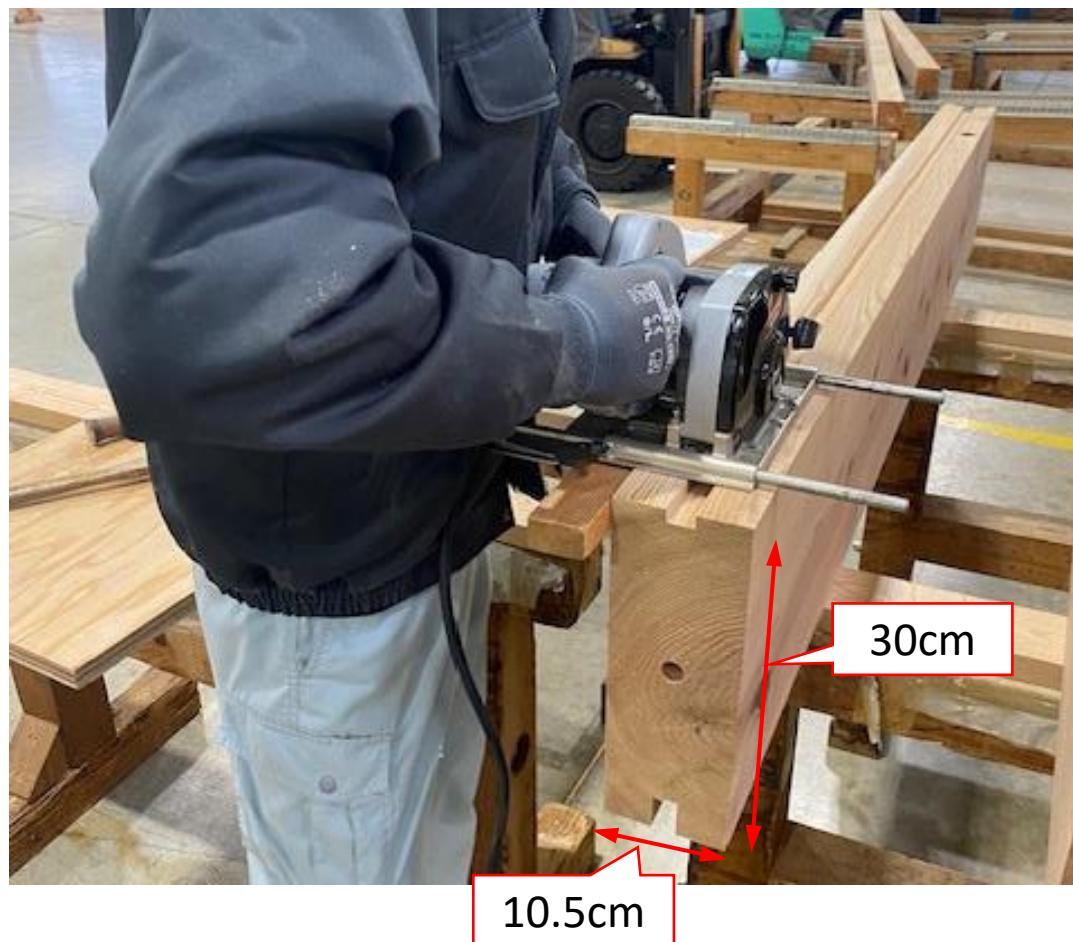
講師 高橋 治氏 東京理科大学 工学部 建築学科 教授

昭和42年東京都生まれ。東京理科大学大学院 工学研究科建築学専攻 修士課程修了後、
(株)構造計画研究所 入社、同社 構造設計部部长、執行役員を経て、平成27年より現職。
工学博士、構造設計一級建築士。日本建築学会 学会賞（技術）など多数受賞。

富山型耐震シェルターの特徴（4.5畳タイプ）

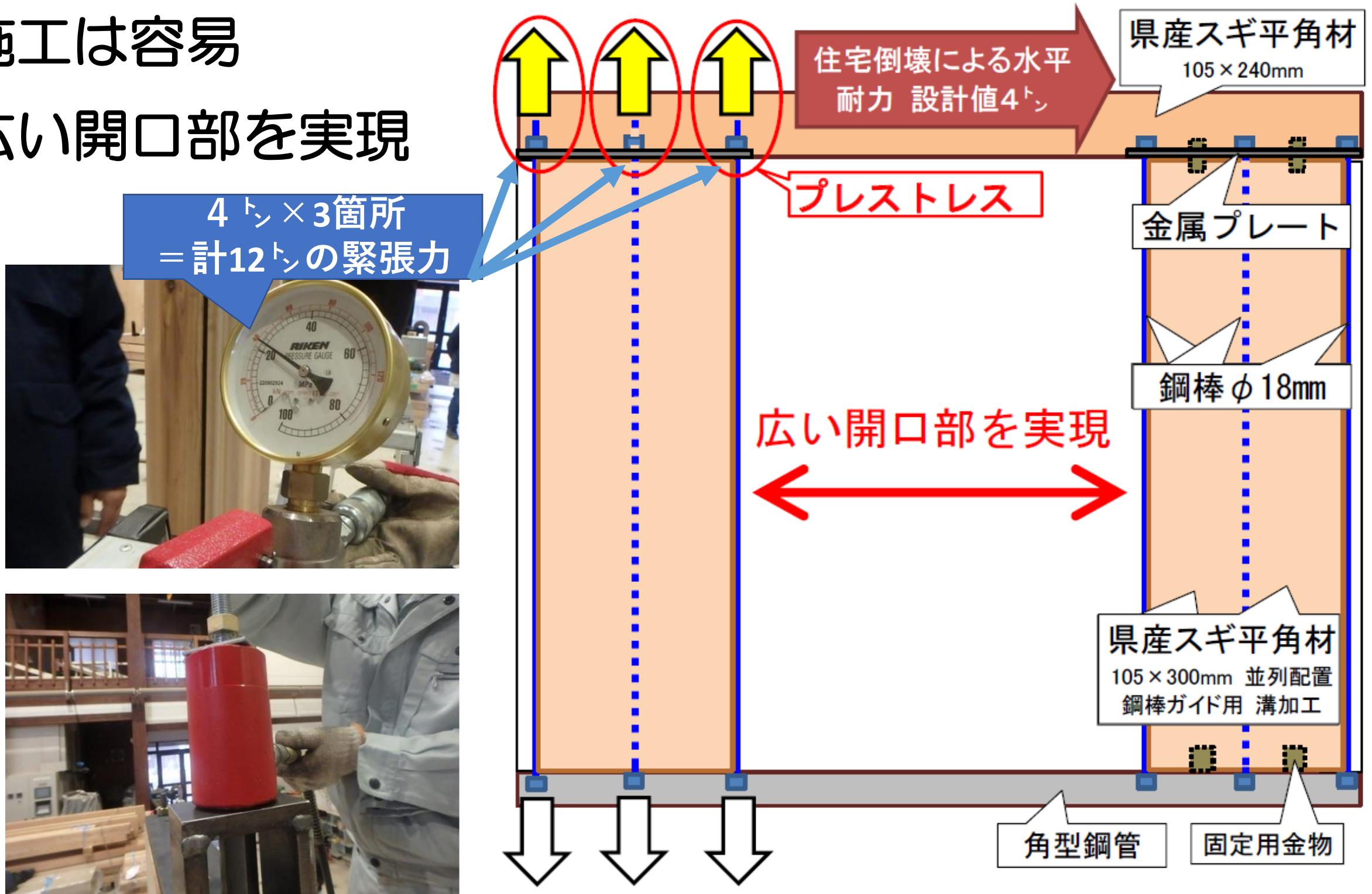
- 1階の居間や寝室に設置して安全空間を確保
- 耐震改修工事より安価
- 短期間に設置可能
- 柱や梁に県産材を活用

- 耐震シェルターに、**プレストレス技術を採用！**
- 開口部が広い



プレストレス技術を採用

- 鋼棒に緊張をかけて固定
- 施工は容易
- 広い開口部を実現

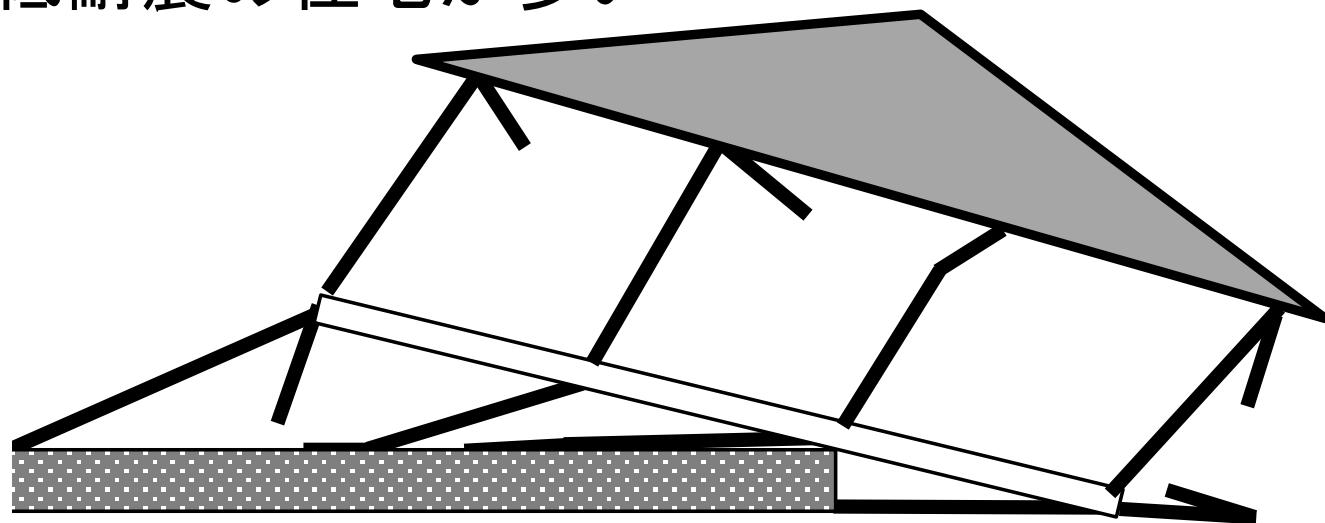


鋼棒を油圧ジャッキで引っ張り、ナット固定

【技術項目①】 水平耐力の確保

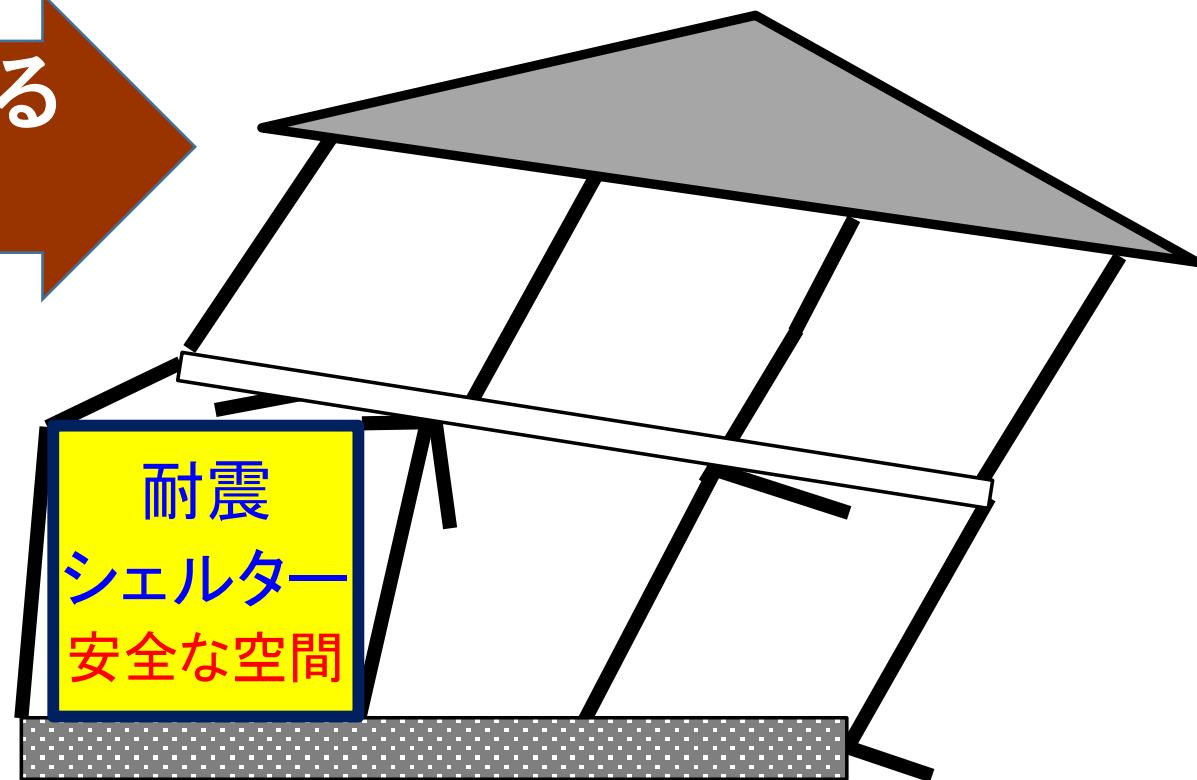
大地震で住宅が倒壊した場合に想定される、
水平方向にかかる力に耐えることが重要。

旧耐震基準の住宅
(1981年5月以前)
低耐震の住宅が多い



耐震シェルターなし

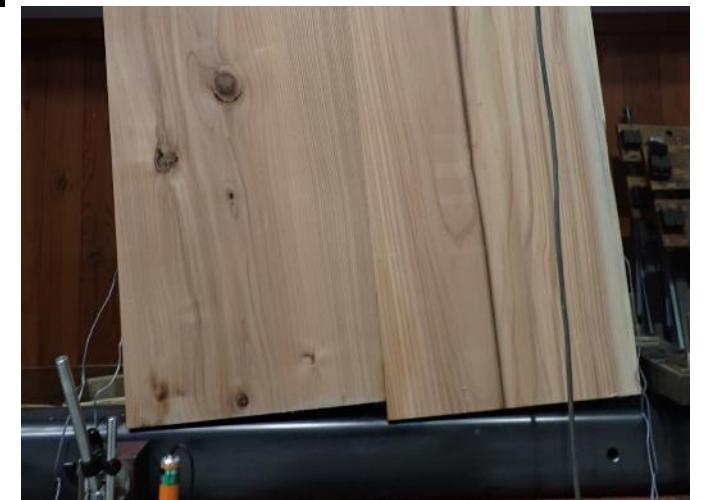
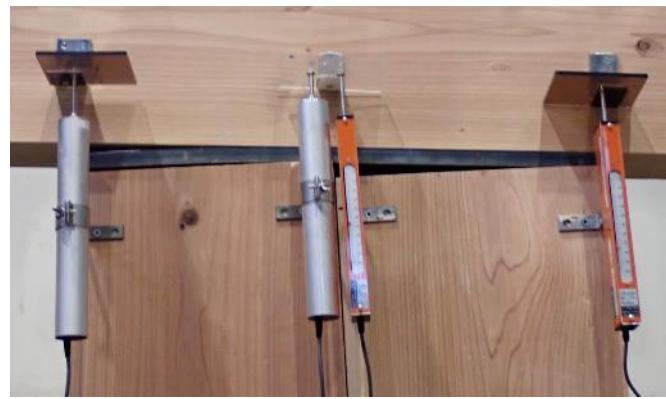
水平方向にかかる
大きな力



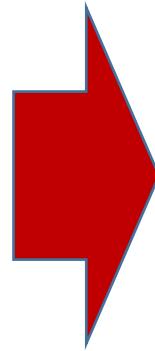
耐震シェルターあり

終局状態

設計値を超える力を加えても
顕著な破壊は無し



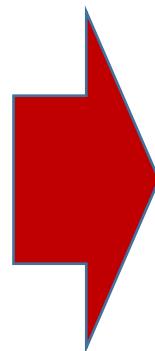
【旧耐震基準住宅での倒壊例】耐震改修が重要



氷見市
北大町



1階店舗に広い空間が取られ耐力壁が少ない ⇒ 1階が倒壊、2階が残った状態



氷見市 姿



1,2階とも窓（開口部）が広く耐力壁が少ない ⇒ 1,2階とも倒壊

耐震シェルター屋根 の耐衝撃性 (おもり落下試験)



- 試験内容：大地震で住宅が倒壊した場合に生じる屋根瓦や小屋組み等の落下を想定して、耐震シェルター屋根への耐衝撃性について確認するもの。

750kg×4袋 = 合計3トンの砂袋を
屋根より高さ3mから落下させる。

3月28日公開実験



- 耐震シェルターの天井仕様

県産スギ小梁 5本 せい150mm×幅105mm×長さ2.3m

合板パネル 厚さ24mm 2.5m×2.6m (9分割)

5月23日改良実験



- 耐震シェルターの天井仕様

県産スギ小梁 5本 **せい240mm** × 幅105mm × 長さ2.3m

合板パネル 厚さ24mm 2.5m × 2.6m (6分割)

角形鋼管 4本 60 × 60mm × 長さ2.6m

スタイロフォーム 75mmを2段積み

5月23日 改良実験の様子



• 耐震シェルターの天井仕様

角形鋼管 $\square 100\text{mm t}3.2 \times 2.4\text{m}$ 5本(上段)、4本(下段)を交差配置

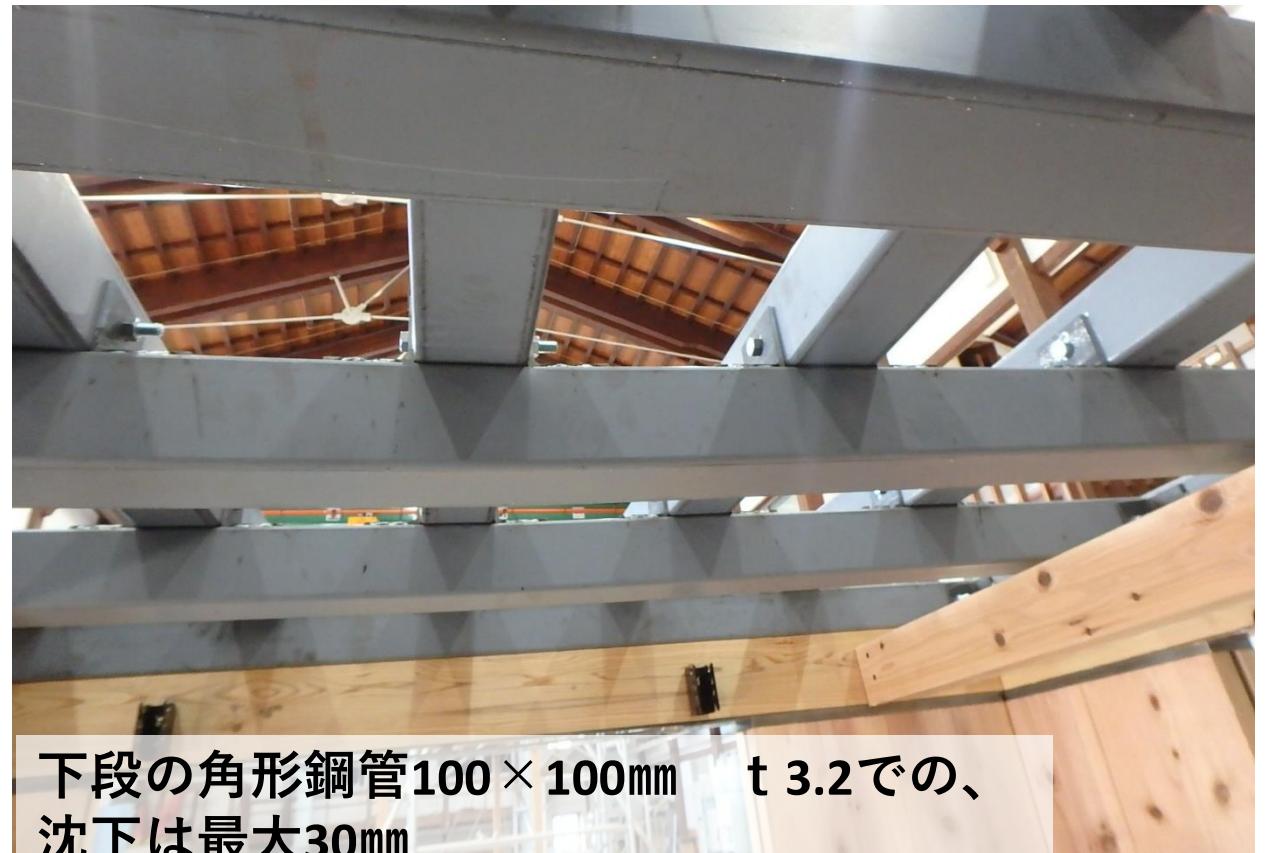
桁梁は、角形鋼管 $\square 100\text{mm}$ と木材(せい150mm)の重ね合せ

県産スギ小梁 4本 せい120mm \times 幅120mm \times 長さ2.3m

合板パネル 厚さ12mm 2.3m \times 2.4m (6分割)



7月30日 公開実験結果（シェルター内の安全性を確認）



【実物展示】 9月防災月間

- ◎富山型耐震シェルターの展示会／説明会
（射水市、高岡市の補助制度の周知）

【実証実験】 9～10月

- ◎既存住宅内へのシェルターの設置試験
⇒見学会（オープンハウス）

実物展示

射水市庁舎内において実物展示を行い（9/3～5）、市役所を訪れる市民・県民に直接見て触れていただきながら、富山型耐震シェルターの特徴等を説明。



実物展示

射水市庁舎内において実物展示を行い（9/3～5）、市役所を訪れる市民・県民に直接見て触れていただきながら、富山型耐震シェルターの特徴等を説明。

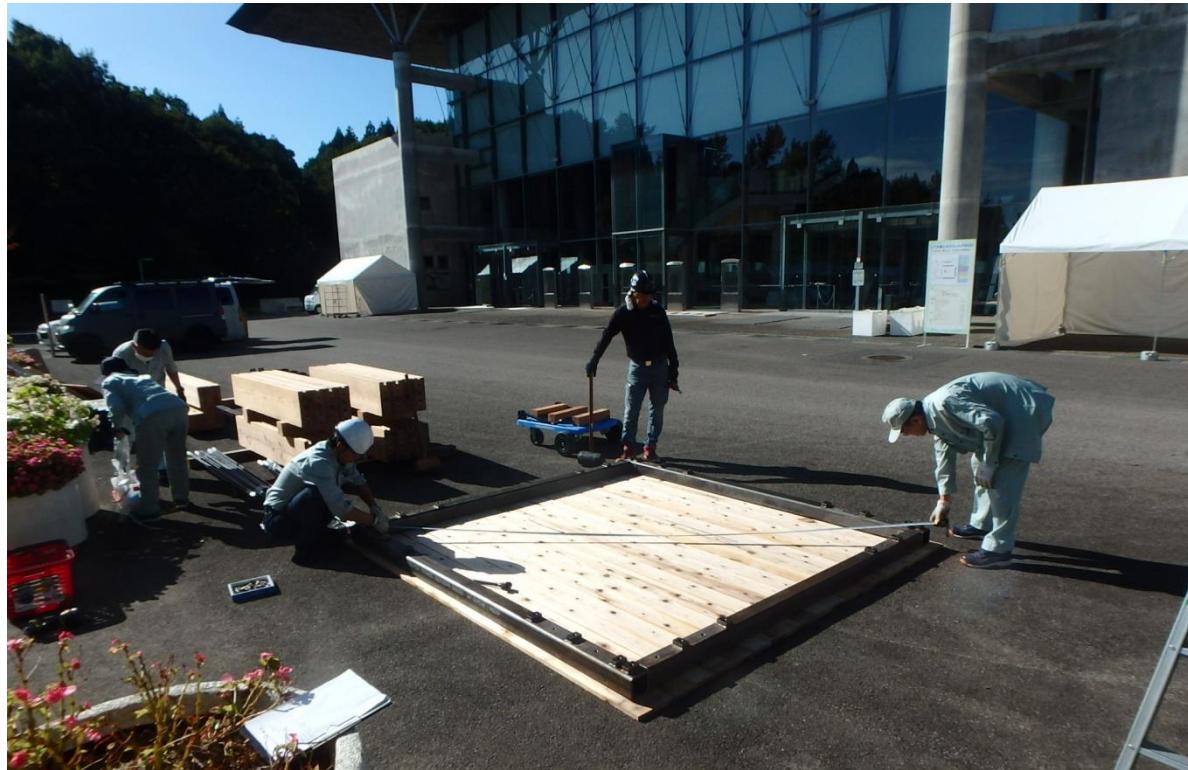


実物展示



9月28日 庄西コミュニティセンター防災訓練での出展

実物展示



10月11日 太閤山ランド 森と木のフェスタでの出展

実用化に向けた取り組み

【実物展示】 9月防災月間

- ◎富山型耐震シェルターの展示会／説明会
（射水市、高岡市の補助制度の周知）

【実証実験】 9～10月

- ◎既存住宅内へのシェルターの設置試験
⇒見学会（オープンハウス）

9月に耐震シェルターを既存住宅内で試験設置
10月25～31日オープンハウスとして、
一般の方や建築関係者に御覧いただいた。



試験設置した家屋 高岡市福岡町
(築48年、建築面積220m²)

和室 8畳間

実証実験



既存床の取り外し作業



追加の束石を並べた様子



鋼製束と大引きの設置



シェルター組立床用の厚板合板の設置

実証実験



シェルターの組立て作業



プレストレス：ジャッキによる鋼棒引張作業



天井合板の貼り付け作業



床下地（根太）の設置作業

実証実験



床下地合板の設置作業



施工状況が分かるように半分のみを床仕上げ



平角柱（木表側：節が少くない）の状況



平角柱（木裏側：節が多い）の状況



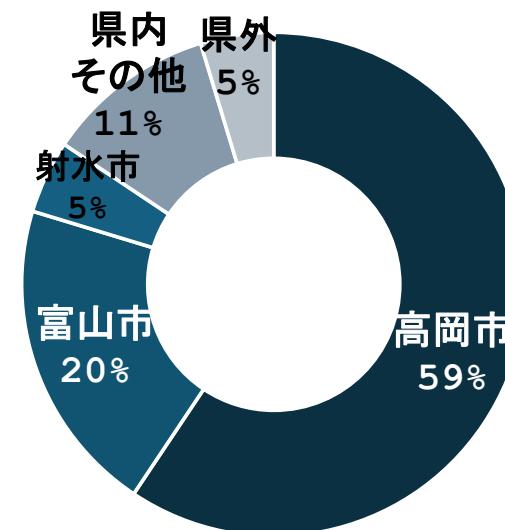
実証実験後のオープンハウス



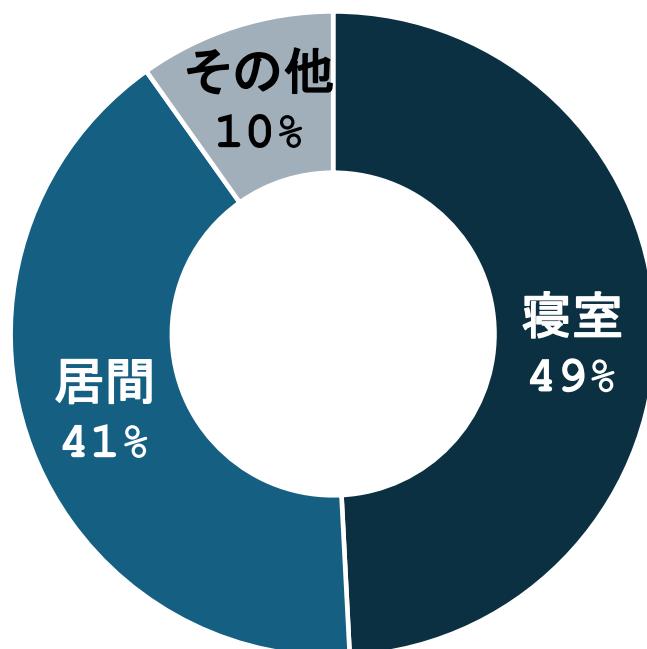
10月25～31日オープンハウス期間中に、のべ138名の一般の方や建築関係者に御覧いただきとともに貴重なご意見を頂戴した。

【全体的なご意見】木の香りや温もりが感じられて良い

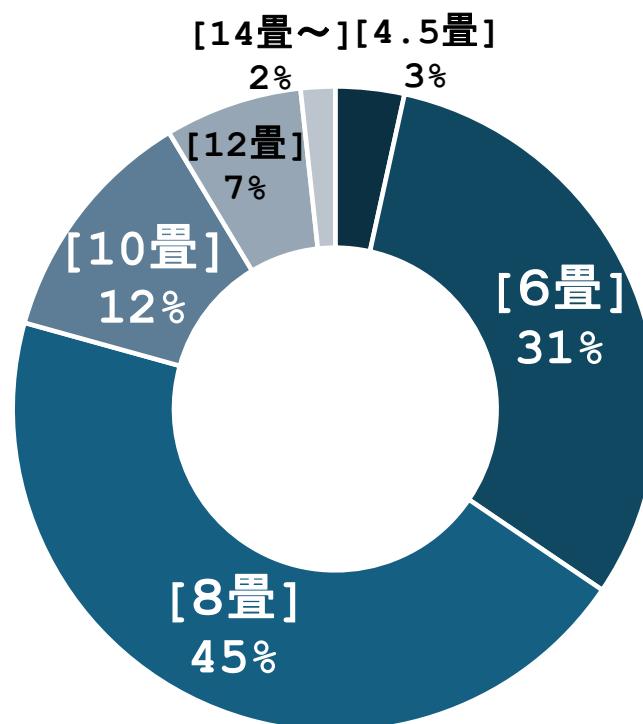
【一般者】 68名様から回答



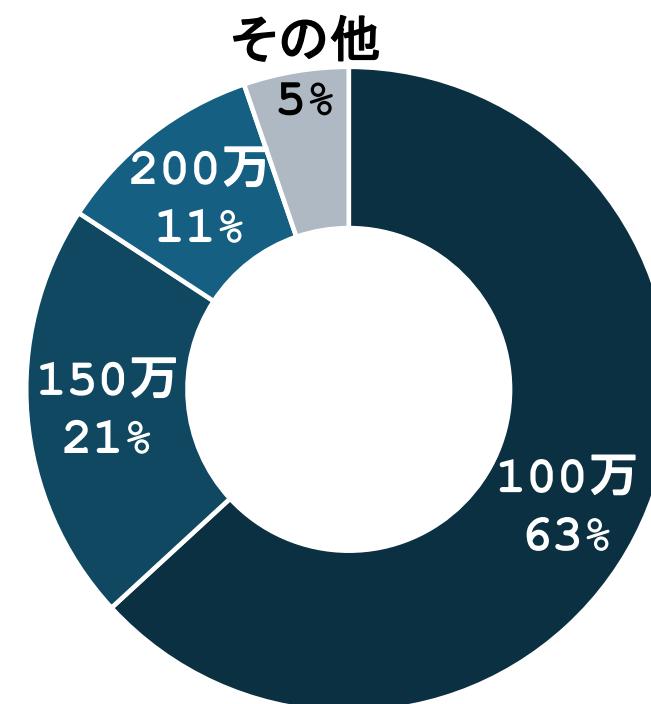
居住地は？



1階のどの部屋に設置しますか？



設置する部屋の大きさは？

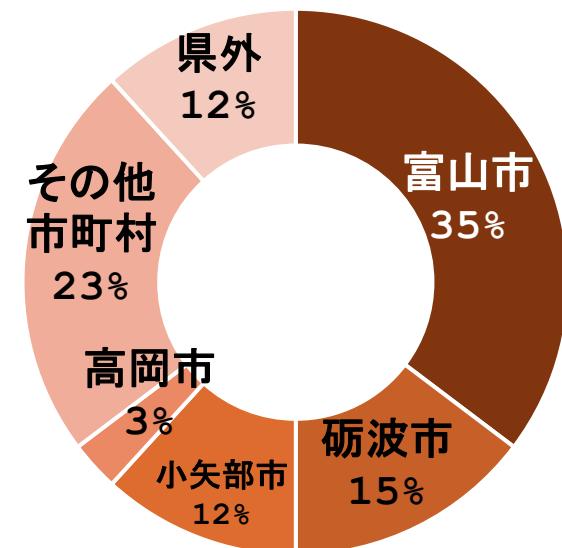


自己負担額(円)がいくらなら設置しますか？

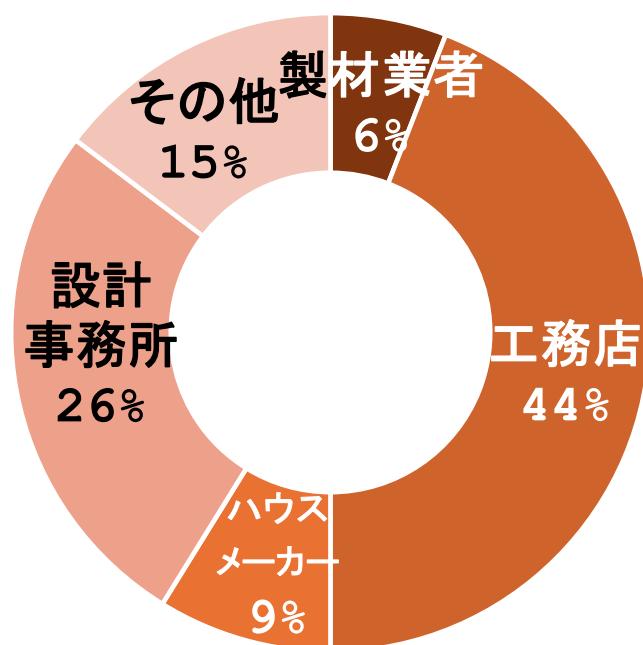
【主なご意見】

- 大きさのバリエーションを増やしてほしい（6畳や8畳タイプ）
- 出入り口（開口部）が広いところが良い
- 安心感がある
- 4.5畳だと日常使いには狭い

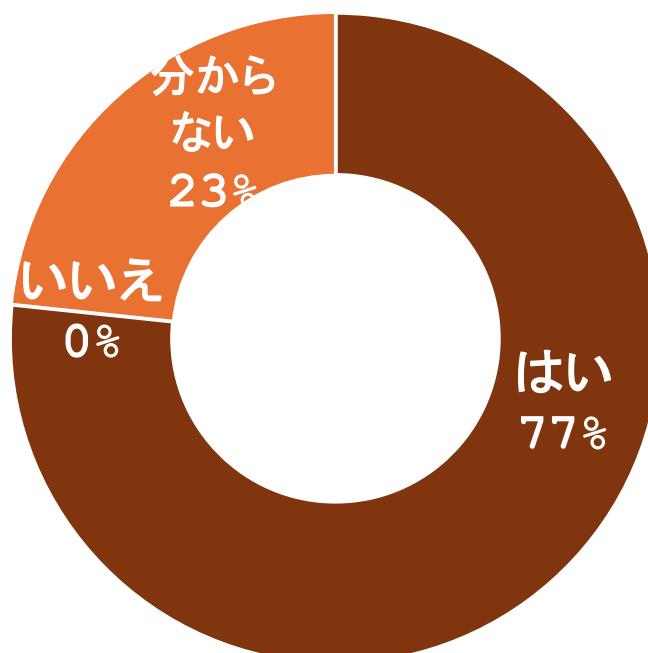
【民間事業者】 34名様から回答



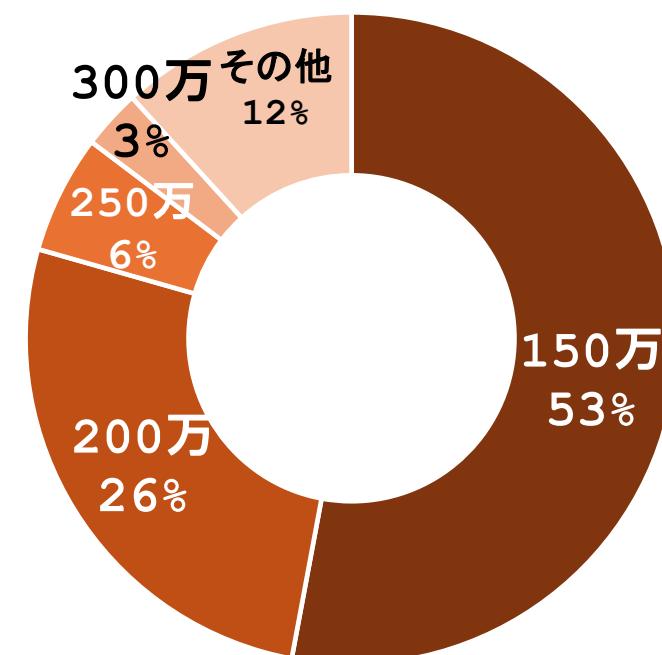
所属の所在地



所属の業種



施工してみたい、取り扱ってみたいですか？



施工費総額がいくらなら施主に勧めますか？

実証実験での施工費用 合計約200万円
(本体120万円+床組80万円)

【主なご意見】

- 大きさのバリエーションを増やしてほしい（6畳や8畳タイプ等）
- 高さがもう少しほしい（現状は2.0m）
- 県産材活用としては良いアイデア

今後の展開

- 現在4.5畳タイプ（本体約120万円）のみ、6畳タイプの追加および低コスト化を検討。
- 耐震シェルターは人命を守る重要な構造物、製造（工場）、施工（工務店等）各段階での技術管理方法を策定（仕様書、マニュアル）。

今後の展開

- 調査結果から、設置希望者のニーズは多様。
これまで耐震シェルターの取り組みは、県主導で実施、これからは民間主導へ移行させながら、ニーズに沿った商品化を進める必要。
- 民間事業者との共同研究を通して技術移転をおこないながら、耐震シェルターの商品化を進める。

謝辞

本研究における耐震シェルター試験体の製造ならびに、既存住宅への設置試験では、チューモク株式会社様にご協力いただきました。

心より感謝申し上げます。

ご清聴ありがとうございました。