
平成 23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震における ガラス等の被害調査報告書

平成 24 年 1 月

板硝子協会

序

今回の地震は、広域に甚大な被害をもたらした。通常の地震の揺れによる被害だけでなく、津波の被害、液状化による地盤の被害などが、東北から関東までの広範囲で発生している。地震の揺れによる建物被害に限ると、構造的な被害は比較的少なかったが、屋根、外装、天井などの非構造部材の被害は甚大であった。

このような状況の中、板硝子協会を中心にガラス等の被害調査を実施し、その内容を本報告書にとりまとめた。ガラスについては、津波や地盤の被害にともなう割れも発生していると思われるが、本報告書では建物の揺れに伴う被害を対象としている。

ガラスの被害は、比較的古いものの被害は目立ったが、新しい構法や新しい建物では被害が少なかったといえる。一方で個別の被害については、地盤の状況、ガラスが取り付けられている構法の状況、施工の状況などが影響して、正確な原因の特定は難しい。しかし、大まかな傾向は把握することができたといえる。

また、比較的目立つ被害であったガラススクリーンについて、被害が多く見られた仙台市において別途調査を行い、詳細を分析した。

結果としては、新しい被害パターンなどは見られず、これまでの知見で説明のできる範囲だったといえる。したがって、設計、施工がしっかりとすれば、ある程度十分な耐震性能が発揮されたものと考えている。一方で、耐震性の低い構法のものが被害を受けており、これらを今後改修していくような検討が必要だといえる。

本報告書が今後のガラスの検討の一助となればと考えている。

平成23(2011)年東北地方太平洋沖地震における

ガラス等の被害調査報告書作成委員会委員長

東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻・准教授

清家 剛

平成23(2011)年東北地方太平洋沖地震における ガラス等の被害調査報告書

目 次

1. 地震の概況と調査の内容

1－1 地震の概況	
(1) 地震諸元	1
(2) 震度分布	2
(3) 地震波の特徴（兵庫県南部地震との比較）	4
1－2 調査の概要	
(1) 調査の目的	6
(2) ガラス等の被害状況の調査（1次調査）	6
(3) 仙台市近郊における自動車販売店のガラススクリーン構法の 被害状況の調査（2次調査）	6

2. 調査結果

2－1 1次調査結果の概要	
(1) 仙台市周辺地域および宮城県南部市町村市街地周辺地域	
1) ガラス被害状況	7
2) ガラス以外の被害状況	11
(2) 茨城県水戸市、ひたちなか市、日立市周辺地域	
1) ガラス被害状況	13
2) ガラス以外の被害状況	14
(3) 福島県郡山市および周辺地域、ならびに福島空港	
1) ガラス被害状況	15
2) ガラス以外の被害状況	18
2－2 2次調査結果の概要	
(1) 当調査の調査範囲と調査対象建物用途について	19
(2) 調査結果	
1) 調査結果の全容	20
2) 条件別調査結果分析	21

3. まとめ

3－1 ガラス等の耐震性について	27
3－2 ガラススクリーン構法の被害分析について	28
付) 引用文献、出典等	29

1. 地震の概況と調査の内容

1-1 地震の概況

平成 23 (2011) 年 3 月 11 日 14 時 46 分ごろ、宮城県三陸沖を震源地とする海溝型大地震が発生し、東北地方を中心に北海道から九州にわたって広い地域で有感となった。同時に津波警報（大津波）、津波警報（津波）、津波注意報が発令され、地震発生後 48 分後には青森県太平洋沿岸、岩手県、宮城県、福島県、千葉県九十九里・外房で津波が観測された。この地震は気象庁により「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」と命名された。

その後、4 月 7 日、4 月 11 日に、マグニチュード 7 を超える大きな余震が発生した。

(1) 地震諸元

気象庁から発表された本地震についての諸元を以下に示す。マグニチュード 9.0 は日本の観測史上最大で、アメリカ地質調査所 (USGS) の情報によれば 1900 年以降、世界第 4 位の地震規模となる。地震のメカニズムは、海溝の太平洋プレートが陸側のプレートに沈み込み、引き込まれた陸側のプレートが跳ね上がって起きる、逆断層タイプである。断層が始まった震源地は三陸沖であるが、3 つの地震が連動して発生し、最終的に断層が破壊した震源域は三陸沖から茨城県沖までの南北約 500 km、東西約 200 km (気象庁) の広範囲にも及んだ。地震の規模が大きく、近年発生した内陸の地震と比較して、広範囲で強い揺れが観測された。東京大学地震研究所が本震の加速度波形を分析したところ、最初の大きな断層の破壊は宮城県沖で起こった。その数十秒後、1 回目よりもさらに沖合で再び破壊。直後に、茨城県沖で 3 回目の破壊が続いた。

マグニチュード 9.0 の地震によって、岩手県から茨城県までの広い範囲で、最大加速度が 500G a 1 を超え、1,000G a 1 を上回る地点もある強い地震動が観測された。例えば、震度 7 の宮城県栗原市では、3 成分合成値で最大 2933Gal が記録された。同県塩釜市で 2,019Gal、茨城県日立市で 1,845Gal が記録された。

本震の諸元および余震の諸元を以下に示す。

本震諸元

発生	平成 23 年 (2011 年) 3 月 11 日 14 時 46 分ごろ
震源	宮城県三陸沖 (北緯 38° 6.2'、東経 142° 51.6')
震源深さ	24km
マグニチュード	9.0
メカニズム	西北西—東南東方向に圧力軸を持つ低角逆断層型 (CMT 解析)

余震諸元

発生	平成 23 年 (2011 年) 4 月 7 日 23 時 32 分ごろ
震源	宮城県沖牡鹿半島の東
震源深さ	40km (速報値)
マグニチュード	7.4 (速報値)
メカニズム	西北西—東南東方向に圧力軸を持つ低角逆断層型 (CMT 解析)

余震諸元

発生	平成 23 年(2011 年)4 月 11 日 17 時 16 分ごろ
震源	福島県浜通り(いわきの西南西、約 30km 付近)
震源深さ	6km(暫定値)
マグニチュード	7.0
メカニズム	東北東—西南西方向に張力軸を持つ正断層型(速報値)

(2) 震度分布

図 1.1-(2).1 に、本震で観測された気象庁発表の震度の分布を示す。宮城県、福島県、茨城県、栃木県の 4 県 28 市町村で震度 6 強と報告されたほか、東北地方を中心に、北海道から九州にかけて震度 6 弱～1 が観測された。最大震度 7 は、宮城県栗原市築館で観測された。

なお、図 1.1-(2).2 に、4 月 7 日発生の余震分布を、図 1.1-(2).3 に、4 月 11 日発生の余震分布を、それぞれ示す。

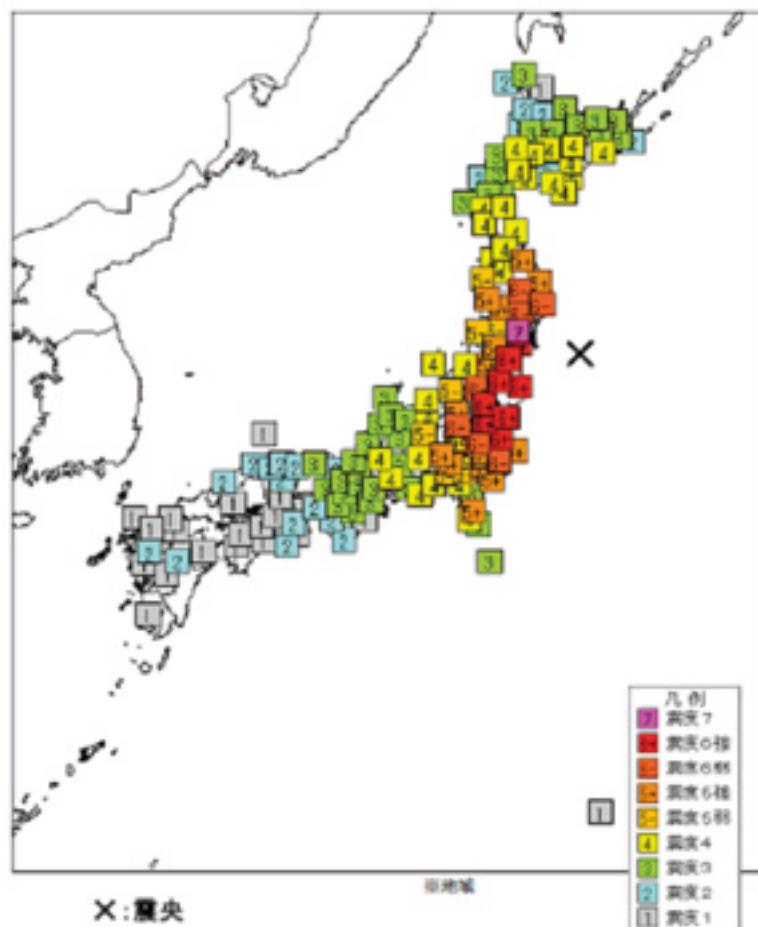


図 1-1-(2)-1 震度分布（3月 11 日発生の本震）

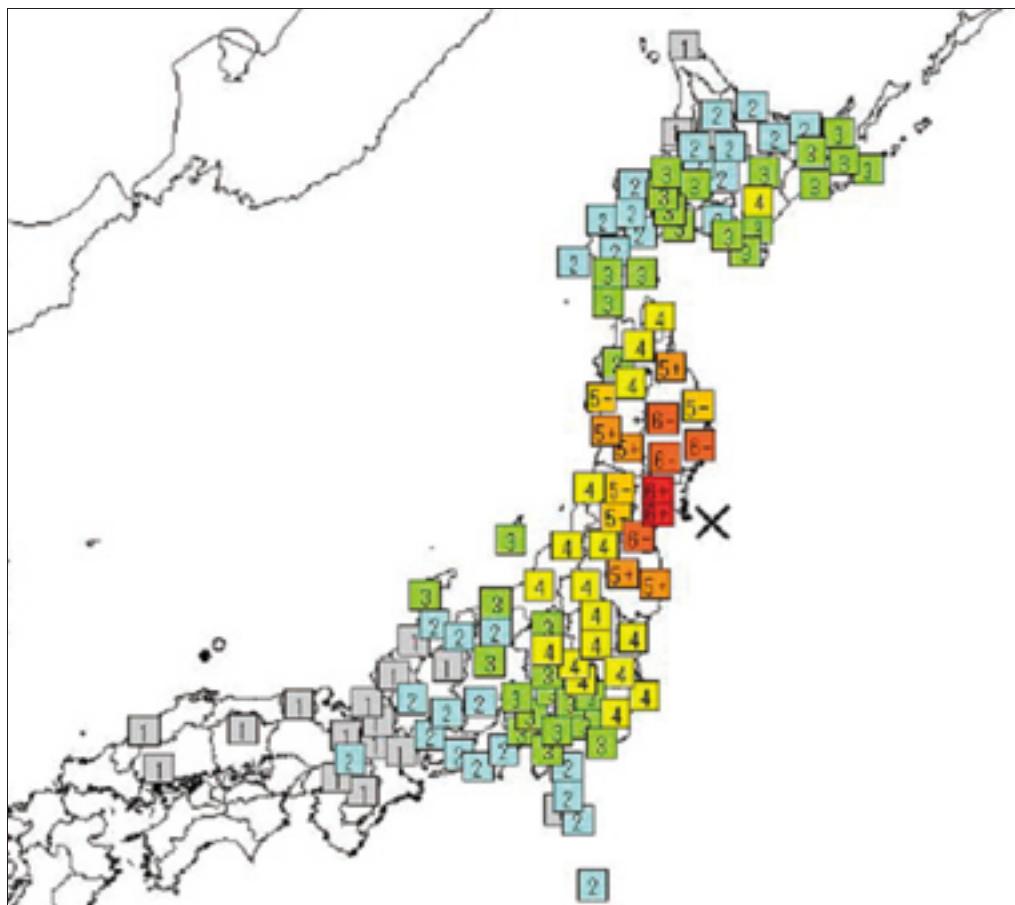


図 1-1-(2)-2 震度分布（4月7日発生の余震）

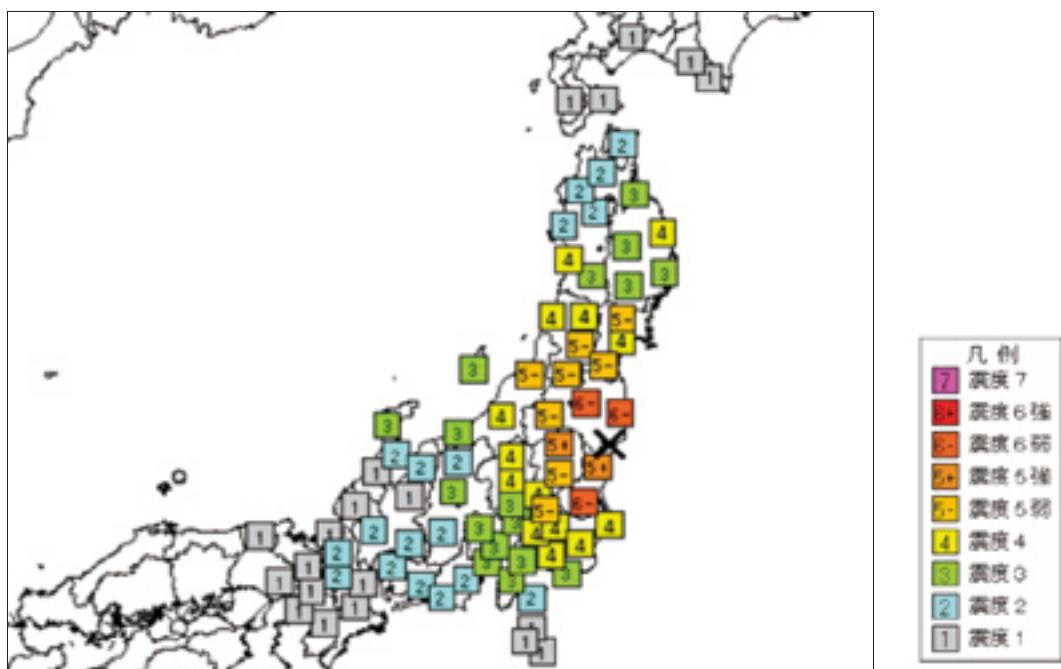


図 1-1-(2)-3 震度分布（4月11日発生の余震）

(3) 地震波の特徴（兵庫県南部地震との比較）

今回の東北地方太平洋沖地震では、津波による被害は甚大であったが、揺れによる建物倒壊等の被害は少なかった。

震度の大きい地域の速度応答スペクトル（図 1.1. (4). 1）を見ると、木造建築や中低層ビルに大きな被害をもたらす周期 1～2 秒前後の地震波が少なく、周期 1 秒以下の地震波が多くたため、揺れによる建築物構造体の被害が少なかったと思われる。

マグニチュード、及び震度共に、兵庫県南部地震より大きかったにも関わらず、建築物構造体の被害が少なかったのは、周期の違いによることが理由であると思われる。

周期は 1 秒以下ではあったが、約 3 分間と長時間の揺れのため（図 1.1. (4). 2）、壁、天井、窓等の非構造体の被害が散見された。

ガラスの破損と建築構造、地盤状況等との関連性に関しての解明は、今後の検討事項のひとつとなる。

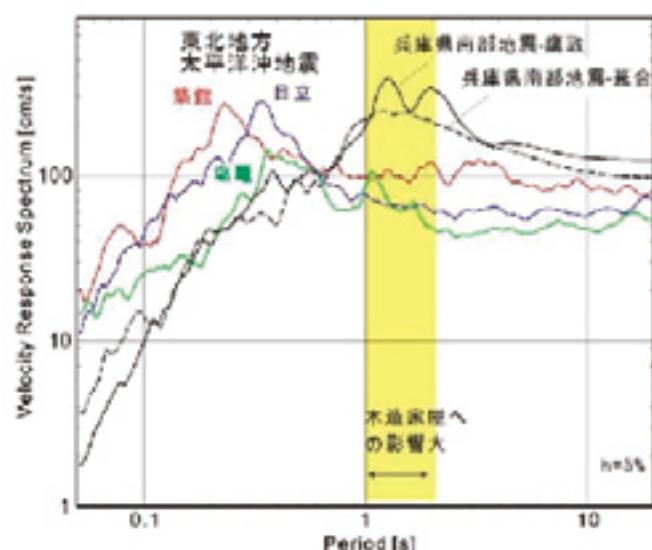
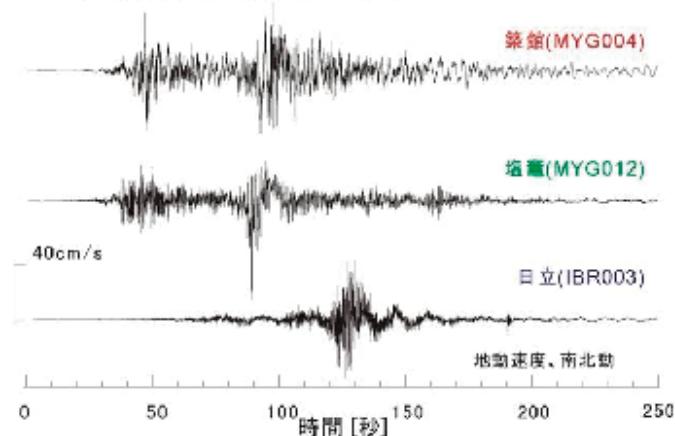


図 1.1. (4). 1 速度応答スペクトル比較

2011年 東北地方太平洋沖地震(M9.0)



1995年 兵庫県南部地震(M7.3)

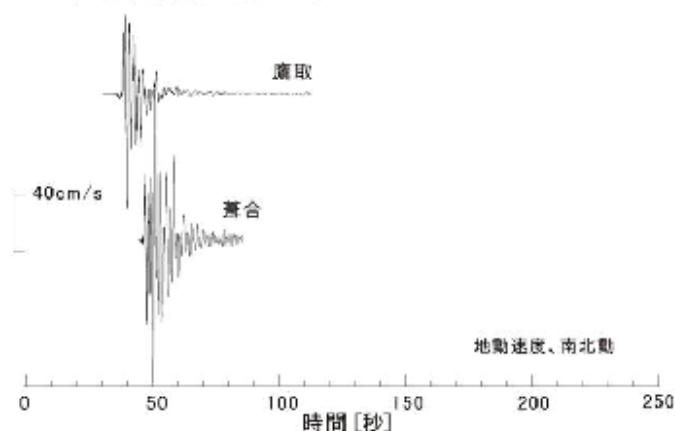


図 1.1. (4).2 振動時間比較

1－2 調査の概要

地震によってガラス等がどのような被害を受けているかについて建物の被害との関連において調査するために、被災現地において建物外部および建物内部に入れるものについては建物内部からの目視による観察を実施した（1次調査）。今回の1次調査にあたっては、建物の被害状況が比較的軽微な場合のガラス等の被害状況を中心に調査したため、津波による建物の被害状況は調査対象外としている。

特に被害が多いと思われたガラススクリーン構法については、広範な被害地域の中でも自動車販売店の絶対数が多いと思われる仙台市近郊を調査範囲とし、外部調査会社への委託による定量的調査（2次調査）と簡単な分析を行った。

（1）調査の目的

平成23年3月11日14時26分に発生した東北地方太平洋沖地震によるガラス等被害の概要調査を東京大学大学院新領域創成科学研究科清家剛准教授の指導のもと実施した。

サッシ・カーテンウォール構法、特殊構法、ガラススクリーン構法、ガラス防煙垂れ壁等の地震動による被害の特徴を分類するために、建築物の振動的被害を中心に被害概要を調査するのが目的である。

（2）ガラス等の被害状況の調査（1次調査）

①調査期間

4月16日～17日、5月3日～4日	仙台市、岩沼市、名取市、亘理町
5月18日	水戸市、ひたちなか市、日立市
5月25日	郡山市、須賀川市、本宮市

②調査地域

- ・仙台市周辺地域および宮城県南部市町村の市街地周辺地域
- ・茨城県水戸市、ひたちなか市、日立市周辺地域
- ・福島県郡山市および周辺地域、ならびに福島空港

（3）仙台市近郊における自動車販売店のガラススクリーン構法の被害状況の調査（2次調査）

①調査目的

本調査では、ガラススクリーン構法が多く使われる自動車販売店に焦点を当て、ガラススクリーンの破損、被害状況を把握することを目的とした。

②調査期間

第1回調査	5月～6月
第2回調査	8月～9月

③調査地域

JR仙台駅から10km圏内、もしくは10km周辺の幹線に所在する自動車販売店：148店舗

④調査方法

JR仙台駅から10km内に所在する自動車販売店のリストアップし、対象先への直接訪問によるヒアリングと一部実測等により行った。

2. 調査結果

ガラス等の被害状況について各調査地域別に、都市部ビル建築と郊外型店舗を対象として、サッシ・カーテンウォール構法、ガラススクリーン構法、ガラス防煙垂れ壁についての調査結果を纏めた。また、併せて公共施設等、その他建物等の被害状況についての調査結果をまとめた。

2-1 1次調査結果の概要

(1) 仙台市周辺地域および宮城県南部市町村市街地周辺地域

大規模地震に遭遇した仙台市内周辺地域等の建築物の全てを現認はしていないが、今般の調査により概ね以下のことが分かった。

1) ガラス被害状況

①都市型ビル建築（※1）

- ・サッシ・カーテンウォール構法およびガラススクリーン構法のガラスの破損例は非常に少なかった。
- ・ガラス防煙垂れ壁のガラス破損・脱落例は見られなかった。

※1 都市部に建設された中高層ビルをいう。

a) サッシ・カーテンウォール構法

- ・ガラス破損例（写真 2-1. (1). 1）は、一部見られたものの非常に少なかった。



写真 2-1. (1). 1 窓ガラスの破損
(仙台駅付近)

b) ガラススクリーン構法

- ・1990年代以降、普及した特殊構法（D P G 構法等）によるガラス破損例は非常に少なかった（写真 2-1. (1). 2、写真 2-1. (1). 3、写真 2-1. (1). 4）。

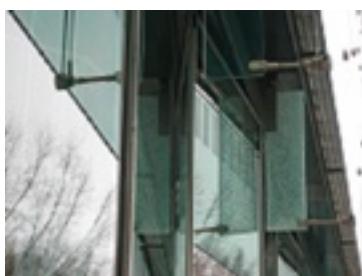


写真 2-1. (1). 2 方立ガラスの破損
(仙台駅付近の公共施設)



写真 2-1. (1). 3 仙台駅付近のホテル



写真 2-1. (1). 4 仙台駅付近のビル

- ・中層ビル建築1階にある自動車販売店ショールームのガラススクリーンの破損・脱落箇所（写真2-1.(1).5）には合板等で覆いが施されていた。この被害例以外は確認できなかった。



写真 2-1.(1).5 同左 一時補修の状況
(仙台駅付近)

c) ガラス防煙垂れ壁

- ・百貨店等大型店舗では、下枠カバー材の一部脱落があったものの、非耐震タイプにも係わらずガラス破損・落下は見られなかつた（写真 2-1.(1).6）。



写真 2-1.(1).6 仙台駅付近の百貨店

②郊外型店舗建築（※2）

- ・構造体の破損は確認できなかつたが、非構造部材の破損・脱落例が顕著であった。
 - ・非構造部材破損・脱落例の中でもガラス防煙垂れ壁、ガラススクリーン構法の破損・脱落が多く見られた。
- ※2 都市部周辺の郊外に建設された平屋あるいは3～4階程度までの低層の壁の少ない倉庫型の店舗建築をいう。

a) サッシ・カーテンウォール構法

- ・大型家具販売店、大型家電販売店数件で破損が見られた（写真 2-1.(1).7、写真 2-1.(1).8）。
- ・サッシ・カーテンウォールが破損している店舗は同時に外壁のALCパネル、天井等も破損脱落している箇所があり、数店舗で補修工事を開始していた。



写真 2-1.(1).7 外壁 ALC、ガラスの破損
(仙台市郊外の大型家具販売店)



写真 2-1.(1).8 ガラス等の破損
(仙台市内の大型家電販売店)

b) ガラススクリーン構法

- ・仙台近郊では、多数の自動車販売店ショールームのガラススクリーンで、面ガラス、方立ガラスが破損していた（写真 2-1. (1). 9）、写真 2-1. (1). 10）。



写真 2-1. (1). 9 面ガラスの破損
(仙台市内の自動車販売店)



写真 2-1. (1). 10 方立ガラスの破損
(同左)

- ・また、コーナー上部のガラスの破損が目立っていた（写真 2-1. (1). 11）。



写真 2-1. (1). 11 コーナー部等のガラスの破損
(仙台市内の自動車販売店)

- ・本震後約 2 ヶ月弱経っても、まだ補修工事に掛かれない状況であった。
- ・宮城県南部地域に於いても、自動車販売店ショールームのガラスが破損していた。

c) ガラス防煙垂れ壁

- ・大型ショッピングセンター、大型家具販売店、大型家電販売店等、調査した殆ど全ての店舗の天井が破損していた。特に 2 階以上での破損落下が散見された。
- ・ガラス防煙垂れ壁に関しては、天井破損部以外でも 1 次調査の時点でガラスが撤去されたままとなっている店舗が大部分であり、まだ補修工事に掛かれない状況となっていた。なお、撤去されたガラスが地震により脱落したか否かについては分からなかった（写真 2-1. (1). 12）。



写真 2-1. (1). 12 柱周りのガラスの破損
(仙台市内の大型ショッピングセンター)

- ・壁部に面外方向にガラス防煙垂れ壁が振り子状に振れた傷痕が散見され、中には45度程度の振れ痕もあった（写真2-1.(1).13）。
- ・耐震タイプ使用例は少なかったが、被害状況は非耐震タイプに比べ極めて軽微であった（写真2-1.(1).14）。



写真 2-1.(1).13 ガラスの振れ幅痕跡
(仙台市内の大型ショッピングセンター)



写真 2-1.(1).14 柱周りのガラスの状況
(仙台市内の大型ショッピングセンター)

③公共施設

- ・宮城県南部の市庁舎、町役場は古い建築が多く、外装（壁、ガラス）、内装（天井）共に破損・脱落しているため、立ち入り禁止にしている施設が多かった（写真2-1.(1).15）。
- ・避難施設になっている体育館、市民センター等でも一部のガラスが破損したまま補修工事がされていない施設が数件あった。



写真 2-1.(1).15 1階回り外装（壁、ガラス）の破損
(宮城県南部の町役場)

④市街地商店街（名取市）

- ・古い小規模店舗でのガラス破損事例が多かった（写真2-1.(1).16）。ガラス以外ではラスモルタルの落下事例が多数見られた（写真2-1.(1).17）。



写真 2-1.(1).16 ガラスの破損
(名取市内)



写真 2-1.(1).17 ラスモルタルの落下
(名取市内)

2) ガラス以外の被害状況

①戸建住宅

- ・瓦の破損、ずれ落ちが散見されたが、建物の破壊はほとんど見られなかつた（写真 2-1. (1). 18）



写真 2-1. (1). 18 瓦の被害
(仙台市郊外)

②集合住宅

- ・玄関出入口両側の窓開口部と玄関の間の壁のせん断破壊例が見られた（写真 2-1. (1). 19）。



写真 2-1. (1). 19 壁のせん断破壊被害
(仙台市内)

③事務所ビル他

- ・古い建築で柱のせん断破壊による崩壊例が見られた（写真 2-1. (1). 20）。



写真 2-1. (1). 20 柱のせん断破壊被害
(仙台市内)

- ・大型百貨店等において外壁タイルの剥離等が散見された（写真 2-1. (1). 21）。

- ・また、大型百貨店の外壁（G R C化粧外壁）で一部クラック・剥離等の発生が見られた（写真 2-1. (1). 22）。



写真 2-1. (1). 21 タイルの破損
(仙台駅前)



写真 2-1. (1). 22 外装材の破損
(仙台駅前)

- ・仙台駅前のペデストリアンデッキのエキスパンションジョイント部で一部破損等が見られた（写真 2-1. (1). 23）。
- ・また、そのペデストリアンデッキ下部の天井材（メタル）の落下が見られた（写真 2-1. (1). 24）。



写真 2-1. (1). 23 ペデストリアンデッキの被害
(仙台駅前)



写真 2-1. (1). 24 天井材の被害
(仙台駅前)

- ・なお、郊外型店舗建築においても、外装材（A L C板等）や天井材の破損・脱落例が多く見られた。天井材の破損・脱落の被害は1階よりは2階以上の方が大きかった。

(2) 茨城県水戸市、ひたちなか市、日立市周辺地域

他の調査報告で比較的被害が大きいと言われている水戸市周辺地域等の建築物の全てを現認はしていないが、今般の調査により概ね以下のことが分かった。

1) ガラス被害状況

①都市型ビル建築

- ・他の調査団では被害が散見されたとの報告がされているが、板硝子協会の1次調査実施時には既に補修工事が終了したと見え、破損状況は確認できなかった。

②郊外型店舗建築

- ・仙台市近郊ほどではないが自動車販売店ショールームのガラススクリーン構法で被害例が見られた。
- ・特にガラス防煙垂れ壁の被害が大きかった。

a) サッシ・カーテンウォール構法

- ・小規模店舗等で改修中の建物が散見されたが、補修されたよう目立つ被害は見られなかった。

b) ガラススクリーン構法

- ・自動車販売店ショールームの多くは、シート覆いが施され既に通常の営業を行っていた。なお、ガラス等の補修の詳細については確認できなかった（写真2-1.(2).1、写真2-1.(2).2）。



写真 2-1.(2).1 ガラスの破損
(水戸市郊外)



写真 2-1.(2).2 ガラスの破損
(水戸市郊外)

c) ガラス防煙垂れ壁

- ・調査した大型ショッピングセンター、大型家具販売店等のほとんどが営業を再開していたが、1、2店舗のヒアリングでは、かなりの割合でガラスの破損・脱落が起こっていたとのことだった。
- ・下枠カバー材があるタイプは脱落を免れているものが多かった（写真2-1.(2).3）。
- ・非耐震タイプでは、ガラスの脱落が目立った（写真2-1.(2).4）。



写真 2-1.(2).3 ガラスの保持状況
(ひたちなか市の大型ショッピングセンター)



写真 2-1.(2).4 ガラスの脱落状況
(日立市の大型ショッピングセンター)

- ・ガラス防煙垂れ壁の取替えを終えたばかりの店舗もあった（写真 2-1. (2). 5）。7～8割が脱落したことであった。
- ・破損・脱落したガラス防煙垂れ壁に替えて不透明なボードタイプの防煙垂れ壁に変更した例もあった（写真 2-1. (2). 6）。

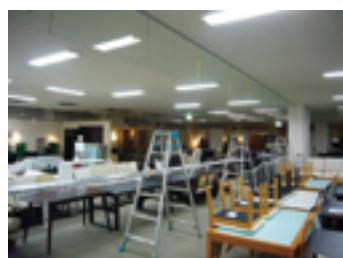


写真 2-1. (2). 5 ガラスの脱落
(ひたちなか市のショッピングセンター)



写真 2-1. (2). 6 ボードタイプへ変更
(水戸市郊外のショッピングセンター)

③公共施設・空港等

- ・東海村合同庁舎等では、一部の窓ガラスの破損が見られた（写真 2-1. (2). 7）。



写真 2-1. (2). 7 窓ガラスの破損

- ・茨城空港の建物について天井およびガラス被害の報道があったが、既に改修されており確認はできなかった（写真 2-1. (2). 8、写真 2-1. (2). 9）。



写真 2-1. (2). 8 茨城空港全景
(同左空港ロビー)



写真 2-1. (2). 9 破損天井材撤去状況

2) ガラス以外の被害状況

①戸建住宅

- ・瓦が破損、ずれ落ちしている例が散見された（写真 2-1. (2). 10）



写真 2-1. (2). 10 瓦の被害
(水戸市郊外)

(3) 福島県郡山市および周辺地域、ならびに福島空港

他の調査報告で甚大な被害があったと言われている郡山市周辺地域の建築物の全てを現認はしていないが、今般の調査により概ね以下のが分かった。

1) ガラス被害状況

①都市型ビル建築

- ・補修中のビルが多く散見され、被害が大きかつたことを物語っていた。

a) サッシ・カーテンウォール構法

- ・被害を受けた箇所を中心にシート等で覆いが掛けられており、ガラスの破損状況を確認できなかつたものが多かつた（写真 2-1. (3). 1、写真 2-1. (3). 2、写真 2-1. (3). 3）。



写真 2-1. (3). 1 郡山市内中層建築物



写真 2-1. (3). 2 郡山市内中層建築物



写真 2-1. (3). 3 郡山市内中層建築物

b) ガラススクリーン構法

- ・郡山駅構内のD P G構法によるガラス手摺りのガラス破損は見られなかつた（写真 2-1. (3). 4）。



写真 2-1. (3). 4 郡山駅構内ガラス手摺り

c) ガラス防煙垂れ壁

- ・郡山ふれあい科学館（写真 2-1. (3). 5）のガラス防煙垂れ壁（下枠カバー材有り）は、端部が柱・壁ヘシールで接合されているタイプであり、ガラスの破損・脱落は見られなかつた（写真 2-1. (3). 6）。



写真 2-1. (3). 5 郡山ふれあい科学館

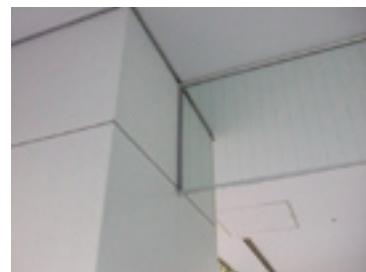


写真 2-1. (3). 6 同左のガラス防煙垂れ壁の状況

②郊外型店舗建築

- ・大型家電販売店の被害は著しく、全面営業停止となっているものも見られた。
- ・2～3階建の場合、上位階の天井落下等の被害が大きく、1階は修復し営業再開しているものの、上位階は修復に2ヵ月を要したところや、現在修復中で6月中旬に営業再開を予定しているところもあった。

a) サッシ・カーテンウォール構法

- ・ガラス破損例は確認できなかった。

b) ガラススクリーン構法

- ・多くの自動車販売店ショールームで、ガラススクリーンのガラス破損例が見られ、修復が進んでいない状況であった（写真2-1.(3).7）。シート等で覆いがされたまま、あるいは破損した面ガラス等を合板で挟んで固定して営業している店舗が多く見られた（写真2-1.(3).8、写真2-1.(3).9）。破損のなかったショールームは、面ガラスの高さの低い小規模店か、あるいはサッシ構法の場合が多かった。



写真 2-1.(3).7 方立ガラスの被害
(郡山市郊外)



写真 2-1.(3).8 面ガラスの被害
(郡山市郊外)



写真 2-1.(3).9 面ガラスの被害
(郡山市郊外)

c) ガラス防煙垂れ壁

- ・天井落下に伴って、ガラス防煙垂れ壁もほぼ一緒に破損・脱落したとの情報をヒアリングにて得た（写真2-1.(3).10）。



写真 2-1.(3).10 大型ショッピングセンター
(郡山市郊外)

- ・上位階の天井がほとんど落下したにもかかわらず、耐震タイプのガラス防煙垂れ壁で部分的に破損・脱落はあったものの、ほとんど被害を受けなかつたとの情報もヒアリングで得た。
- ・柱や壁周り、コーナー部のガラス防煙垂れ壁のガラス破損・脱落が多く見られた
(写真 2-1. (3). 11、写真 2-1. (3). 12)。なお、下枠カバー材があるタイプは、柱や壁周りを除いてガラスの脱落を免れているのが多く見られた(写真 2-1. (3). 13)。



写真 2-1. (3). 11 ガラスの破損・脱落被害
(郡山市内の大型家具販売店)



写真 2-1. (3). 12 コーナー部ガラスの破損
(郡山市内の大型家具販売店)



写真 2-1. (3). 13 レールタイプの状況
(郡山市内の大型家電販売店)

③公共施設、空港等

- ・郡山市役所は閉鎖されており、向かいの運動施設でも一部市役所業務を行っている状況であった。
- ・郡山市役所では、窓ガラスが多く破損しているのが見られた(写真 2-1. (3). 14、写真 2-1. (3). 15)。



写真 2-1. (3). 14 市役所全景
(郡山市役所)



写真 2-1. (3). 15 窓ガラスの破損

- ・須賀川市役所でも、窓ガラスが破損していた(写真 2-1. (3). 16、(写真 2-1. (3). 17)。また、外壁材のクラック、剥離・脱落等が見られた(写真 2-1. (3). 18)。



写真 2-1. (3). 16 窓ガラスの破損
(須賀川市役所)



写真 2-1. (3). 17 ピード固定の状態

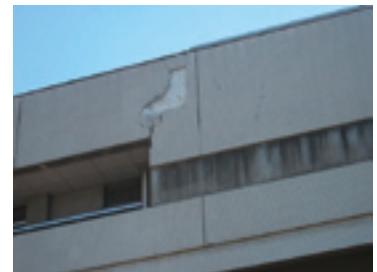


写真 2-1. (3). 18 外装材の破損

- ・本宮市役所は新しい建築物であり、外観からはガラス等の被害は見られなかつた（写真 2-1. (3). 19）。



写真 2-1. (3). 19 玄関周り
(本宮市役所)

- ・福島空港ビルは、建物の内・外ともガラスの被害はなかつた（写真 2-1. (3). 20、写真 2-1. (3). 21）。唯一、管制塔のガラスが落下したとの情報をヒアリングにて得た（写真 2-1. (3). 22）。



写真 2-1. (3). 20 全景
(福島空港)



写真 2-1. (3). 21 ガラスの状況
(1階回り)



写真 2-1. (3). 22 管制塔全景

2) ガラス以外の被害状況

①戸建住宅

- ・瓦が破損、ずれ落ちている被害例は少くなかつた（写真 2-1. (3). 23、写真 2-1. (3). 24）。



写真 2-1. (3). 23 瓦の被害
(郡山市)



写真 2-1. (3). 24 瓦の被害
(郡山市郊外)

②集合住宅

- ・窓ガラスが破損している建物が散見された（写真 2-1. (3). 25、写真 2-1. (3). 26）



写真 2-1. (3). 25 低層集合住宅の窓ガラスの破損
(本宮市)



写真 2-1. (3). 26 低層集合住宅の窓ガラスの破損
(本宮市)

2-2 2次調査結果の概要

本調査は、JR仙台駅を中心として10km圏内の自動車販売店のうち、ガラススクリーン構法を採用されているものに限り、現地にて被害の有無、被害の状況等について、ヒアリングおよび一部実測等により行った。その調査結果から「ガラススクリーン高さ」、「建物竣工年」、「使用ガラス板厚」ごとの被害の状況について分析を行った結果を以下に示す。

(1) 当調査の調査範囲と調査対象建物用途について

- ・JR仙台駅を仙台市の中心と見立て、その周辺に所在する自動車販売店の位置確認を行った結果、JR仙台駅から10km圏内に集中していることがわかった（図2-2.1）。
- そのため、JR東日本仙台駅から10km圏内および10km周辺の幹線に所在する自動車販売店を対象とした。対象とした自動車販売店の総数は148店舗である。
- ・ガラススクリーン構法の調査を行うにあたり、同構法を多く採用されている実績より、建物用途を自動車販売店と限定した。

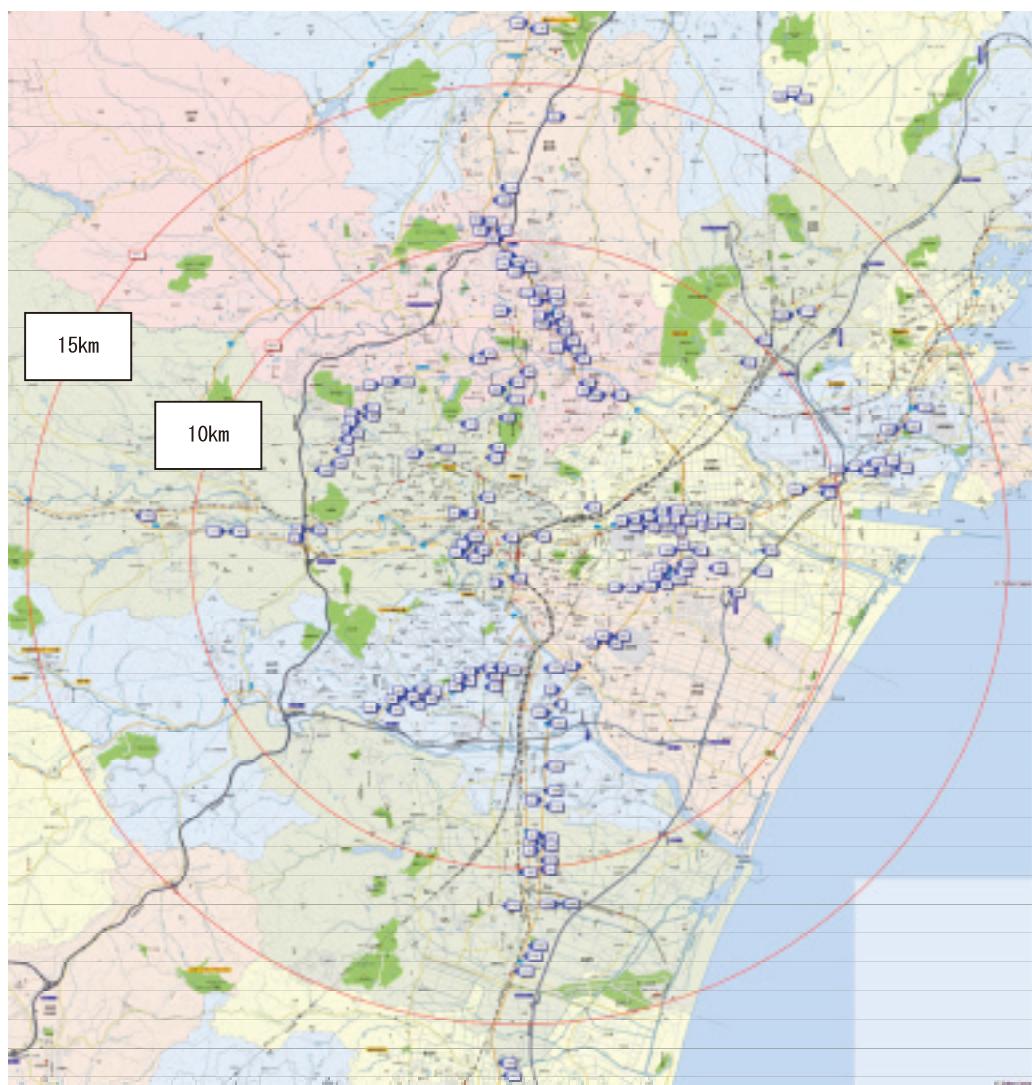
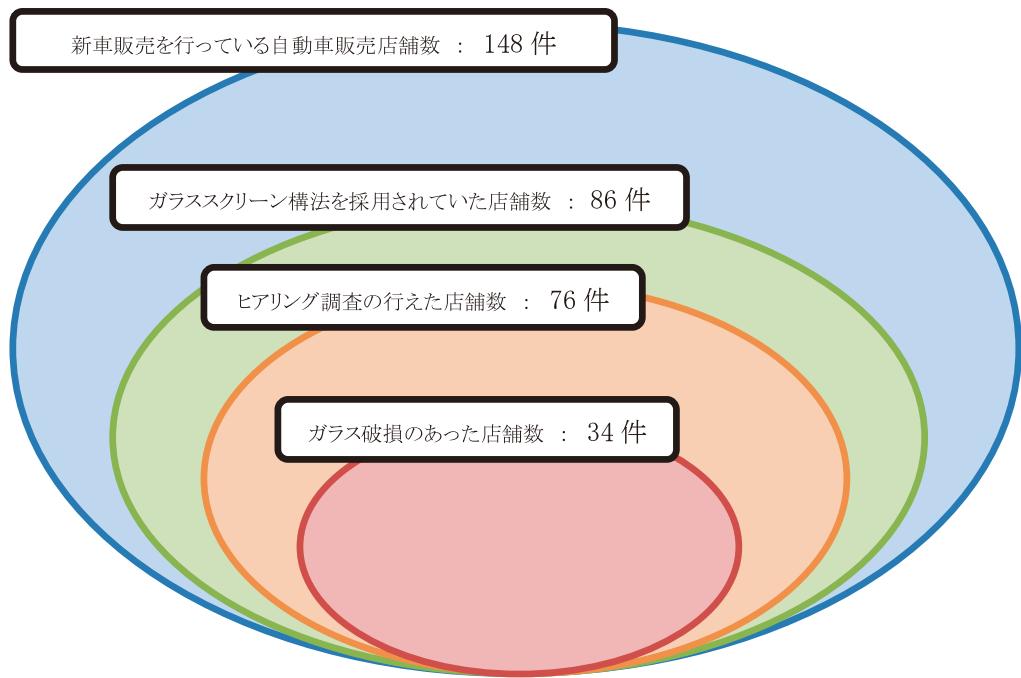


図 2-2.1 JR仙台駅から10km及び15kmに所在する自動車販売店プロット図

(2) 調査結果

1) 調査結果の全容

調査対象とした店舗数および、被害の有無についての定量的な数値は以下のとおりである。

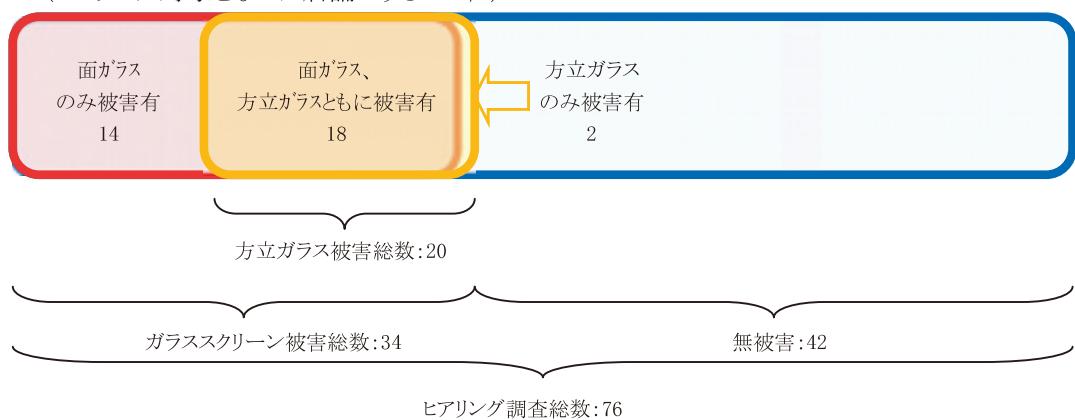


◇調査対象店舗のうち、ガラススクリーン構法を採用されていた店舗数は、86 件であった。

(対象とした自動車販売店うちの58%)

本調査の分析は、そのうちヒアリング調査の行えた総数 76 件について行った。

- ヒアリングの行えた店舗のうち、面ガラス部あるいは方立ガラスにガラス破損のあった店舗数は 34 件であった。
(ヒアリング対象となった店舗のうちの45%) <無被害件数:42 件、55%>
- ヒアリングの行えた店舗のうち面ガラス部及び方立ガラスの両方にガラス破損のあった店舗数は18件であった。
(ヒアリング対象となった店舗のうちの24%)
- ヒアリングの行えた店舗のうち、面ガラス部にのみガラス破損のあった店舗数は14件であった。 (ヒアリング対象となった店舗のうちの18%)
- ヒアリングの行えた店舗のうち、方立ガラスにのみガラス破損のあった店舗数は2件であった。
(ヒアリング対象となった店舗のうちの3%)

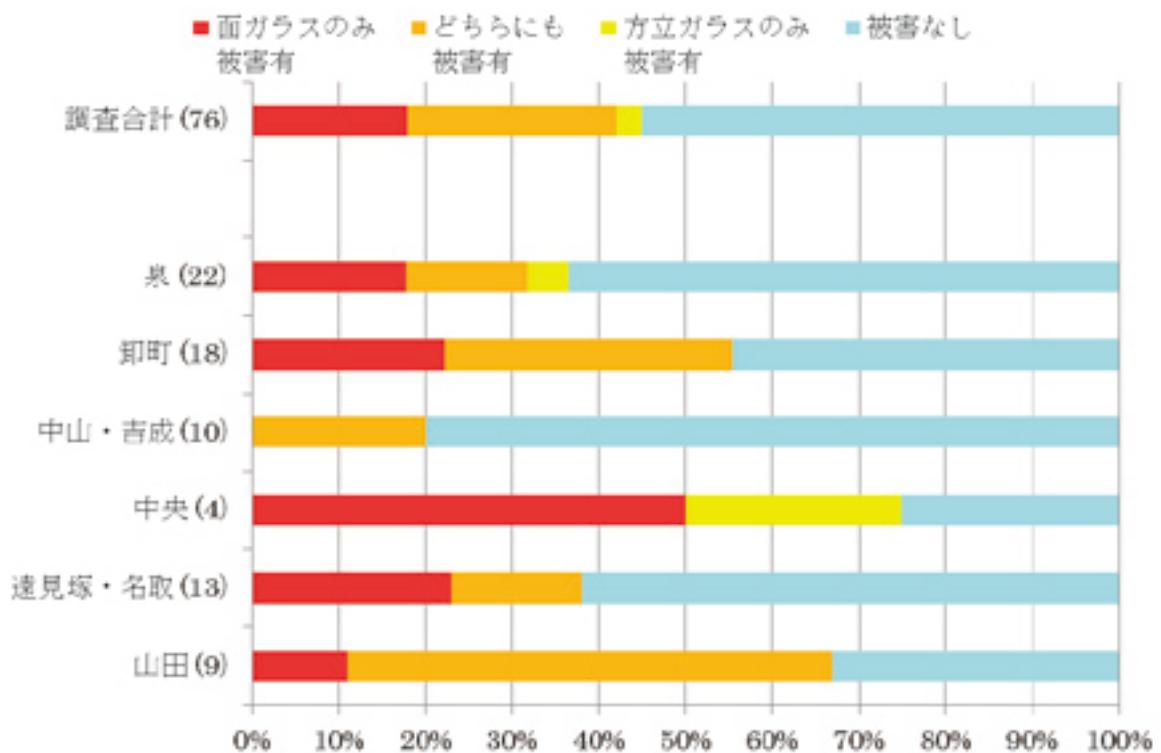


2) 条件別調査結果分析

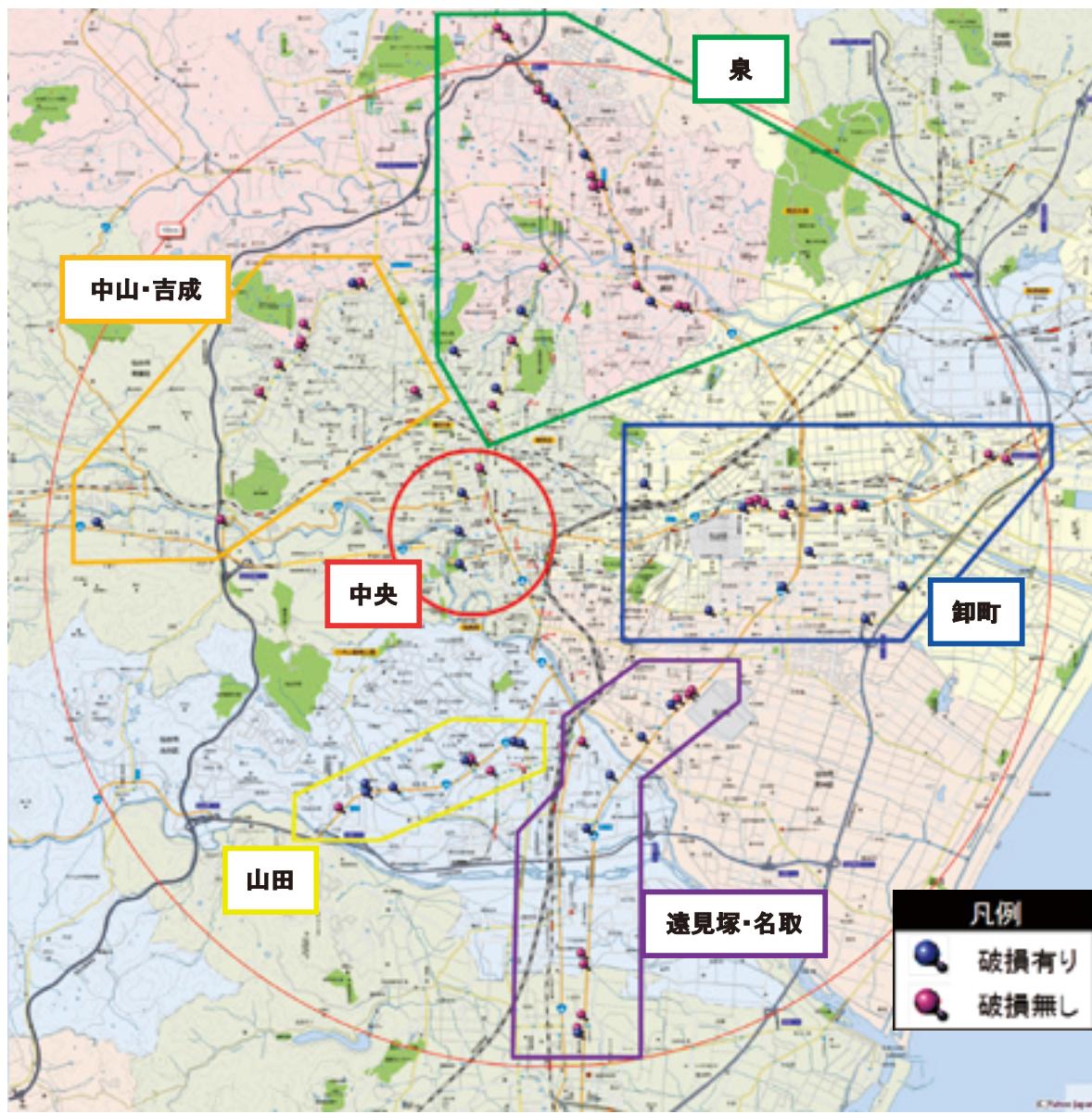
①エリア別分析

(件:下段カッコ内は調査総数に対する割合)

エリア名	調査総数	どちらかが被害	無被害	面ガラスに被害	方立ガラスに被害	どちらにも被害
泉	22	8 (36%)	14 (64%)	7 (32%)	4 (18%)	3 (14%)
御町	18	10 (56%)	8 (44%)	10 (50%)	6 (33%)	6 (33%)
中山・吉成	10	2 (20%)	8 (80%)	2 (20%)	2 (20%)	2 (20%)
中央	4	3 (75%)	1 (25%)	2 (50%)	1 (25%)	0 (0%)
遠見塚・名取	13	5 (38%)	8 (62%)	5 (38%)	2 (15%)	2 (15%)
山田	9	6 (67%)	3 (33%)	6 (67%)	5 (56%)	5 (56%)



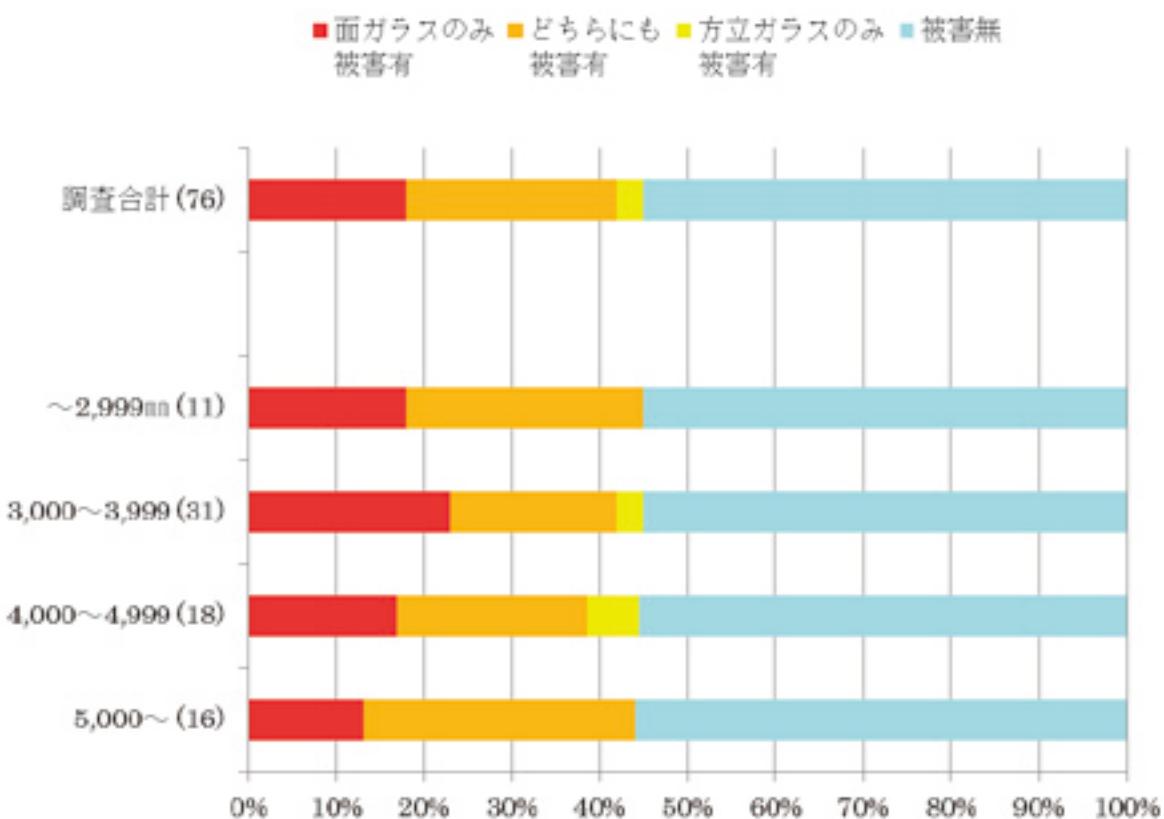
■御町、中央、山田各地区では、半数以上が何らかの被害があり、泉、中山・吉成、遠見塚・名取各地区では、半数以上が被害無しである。



②ガラススクリーン高さ別分析

(件:下段カッコ内は調査総数に対する割合)

高さ	調査総数	どちらかが被害	無被害	面ガラスに被害	方立ガラスに被害	どちらにも被害
~2,999 mm	11	5 (45%)	6 (55%)	5 (45%)	3 (27%)	3 (27%)
3,000 mm ~ 3,999 mm	31	14 (45%)	17 (55%)	13 (42%)	7 (25%)	6 (19%)
4,000 mm ~ 4,999 mm	18	8 (44%)	10 (56%)	7 (39%)	5 (28%)	4 (22%)
5,000 mm~	16	7 (44%)	9 (56%)	7 (44%)	5 (31%)	5 (31%)

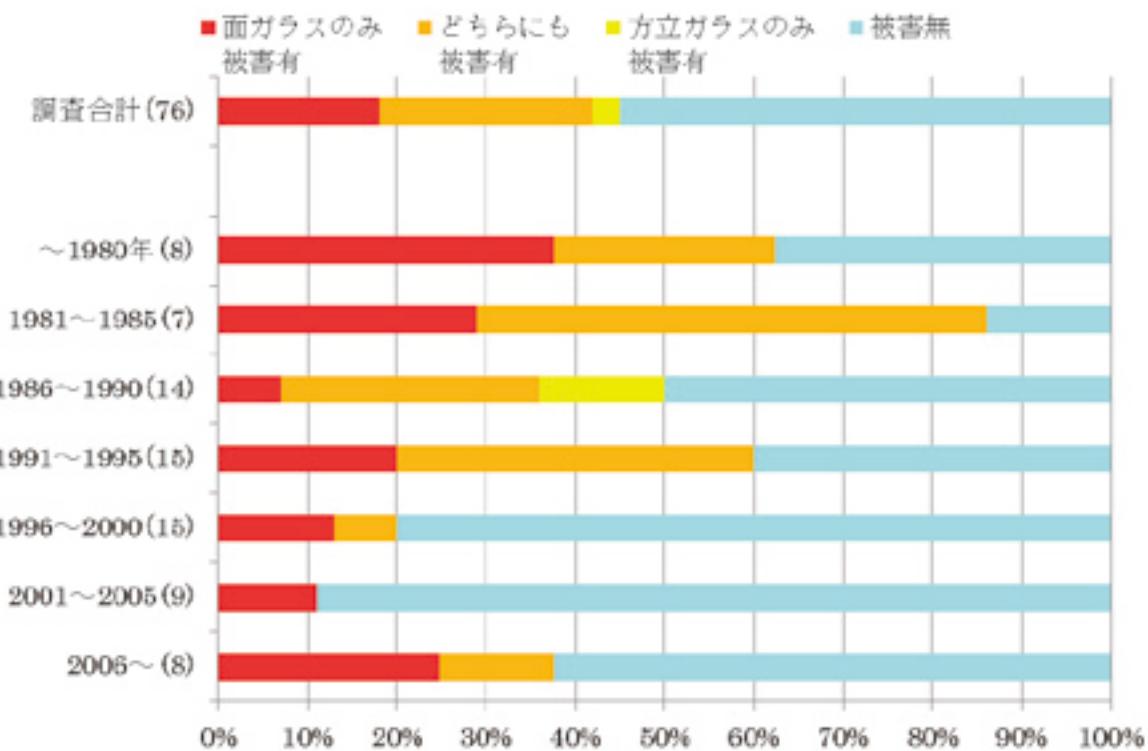


■ガラススクリーンの高さによる被害の特徴は特に見当たらぬ。

③建物竣工年別分析

(件:下段カッコ内は調査総数に対する割合)

竣工年	調査総数	どちらかが被害	無被害	面ガラスに被害	方立ガラスに被害	どちらにも被害
～1980年	8	5 (63%)	3 (38%)	5 (63%)	2 (25%)	2 (25%)
1981年～1985年	7	6 (86%)	1 (14%)	6 (86%)	4 (57%)	4 (57%)
1986年～1990年	14	7 (50%)	7 (50%)	5 (36%)	6 (43%)	4 (29%)
1991年～1995年	15	9 (60%)	6 (40%)	9 (60%)	6 (40%)	6 (40%)
1996年～2000年	15	3 (20%)	12 (80%)	3 (20%)	1 (7%)	1 (7%)
2001年～2005年	9	1 (11%)	8 (89%)	1 (11%)	0 (0%)	0 (0%)
2006年～	8	3 (38%)	5 (63%)	3 (38%)	1 (13%)	1 (13%)

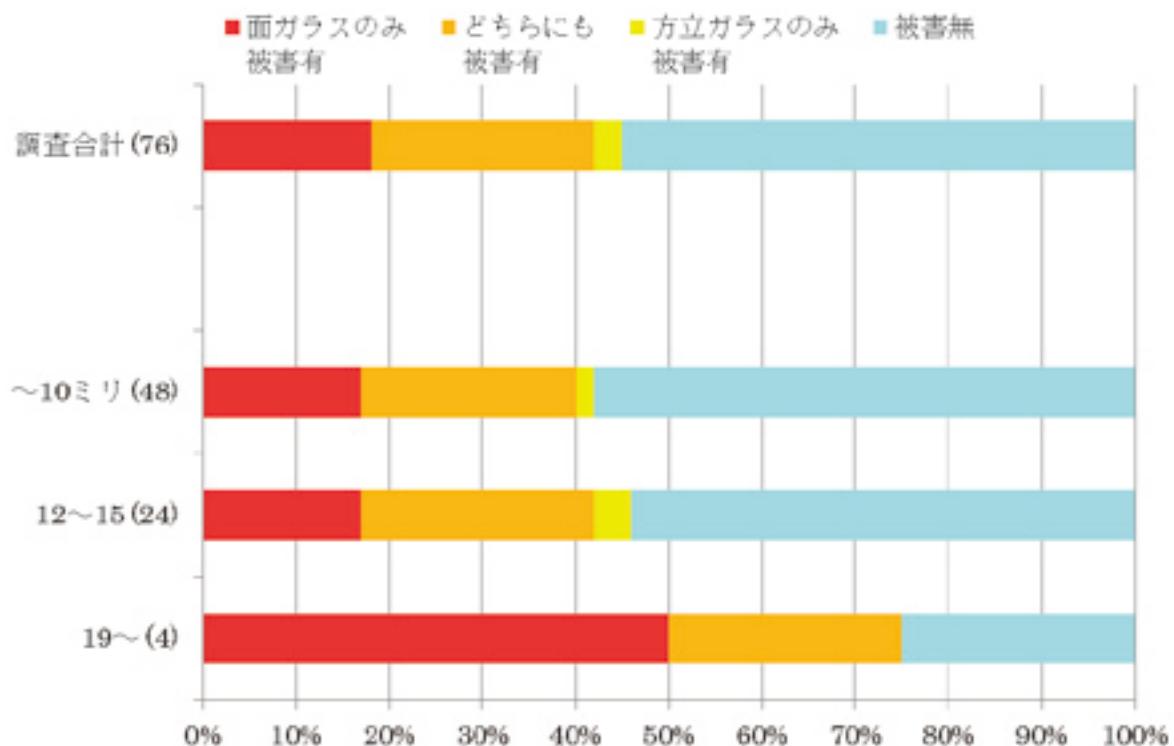


■1996年以降に竣工した建物に施工されたものの被害が少ない。

④ガラススクリーン板厚別分析

(件 : 下段カッコ内は調査総数に対する割合)

ガラススクリーン 板厚	調査総数	どちらかが 被害	無被害	面ガラスに 被害	方立ガラスに 被害	どちらにも 被害
~10ミリ	48	20 (42%)	28 (58%)	19 (40%)	12 (25%)	11 (23%)
12ミリ ~ 15ミリ	24	11 (46%)	13 (54%)	10 (42%)	7 (29%)	6 (25%)
19ミリ~	4	3 (75%)	1 (25%)	3 (75%)	1 (25%)	1 (25%)

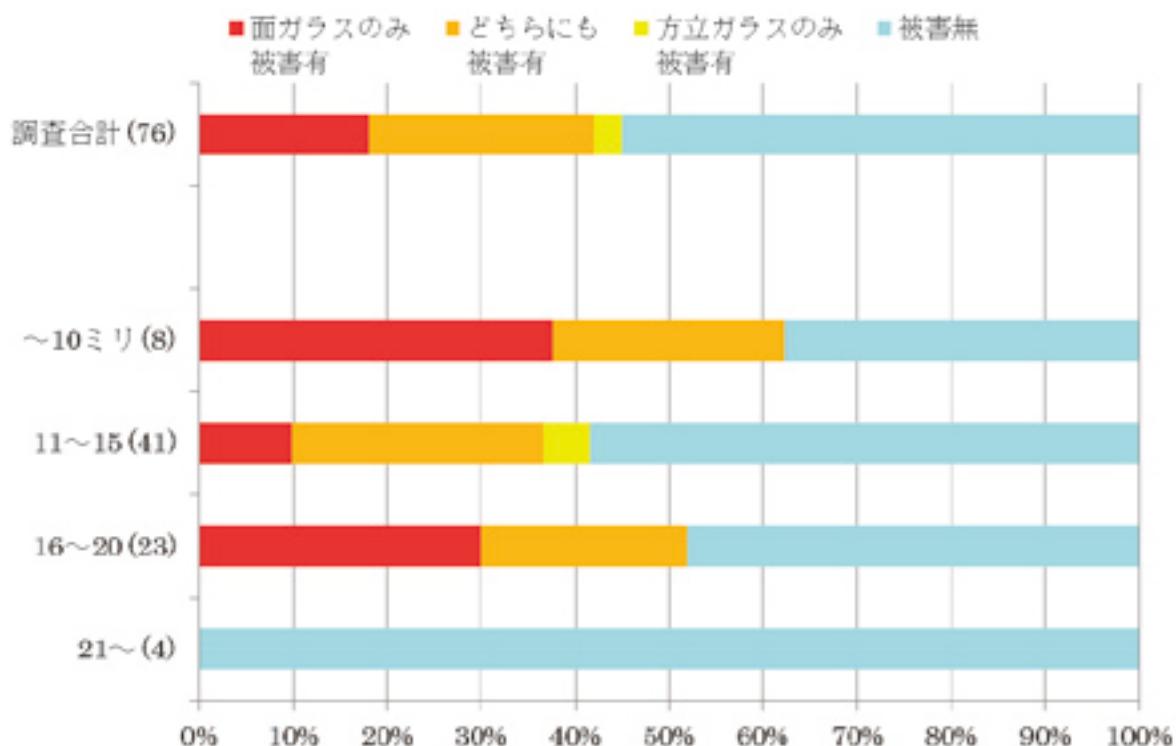


■面ガラスおよび方立ガラスのガラス板厚 19ミリ以上の被害が 75%である。

⑤方立ガラス板厚別分析

(件: 下段カッコ内は調査総数に対する割合)

リフガラス 板厚	調査総数	どちらかが 被害	無被害	面ガラスに 被害	方立ガラスに 被害	どちらにも被 害
~10ミリ	8	5 (63%)	3 (38%)	5 (63%)	2 (25%)	2 (25%)
11ミリ ~ 15ミリ	41	17 (41%)	24 (59%)	15 (37%)	13 (32%)	11 (27%)
16ミリ ~ 20ミリ	23	12 (52%)	11 (48%)	12 (52%)	5 (22%)	5 (22%)
21ミリ~	4	0 (0%)	4 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)



■方立ガラス板厚 21ミリ以上(合わせガラス含む)は事例が少ないが被害は無い。

3.まとめ

3-1 ガラス等の耐震性について

各調査地域別に、都市型ビル建築（一般ビル、百貨店）と郊外型店舗（自動車販売店ショールーム、大型ショッピングセンター等）における、構法別（サッシ・カーテンウォール構法、ガラススクリーン構法、ガラス防煙垂れ壁構法）のガラス等の被害状況（概要）について、表3-1に示す。

以下に都市型ビル建築および郊外型店舗におけるガラス等の耐震性について取りまとめて記す。

(1) 都市型ビル建築

1) 一般ビル、百貨店

- ・各調査地域とも補修中のビルが散見されたが、多くは古い建物であった。それらの窓はサッシ構法が多く、地震による層間変位に追従できず、典型的なせん断破壊によるガラスの破損が見られた。新しい建物のサッシ・カーテンウォール構法では窓ガラスの破損はほとんど見られず、都市型ビル建築全体としては窓ガラスの破損例は非常に少なかった。
- ・ガラススクリーン構法、ガラス防煙垂れ壁構法、D P G構法等の新しい構法では、目だった被害は見られなかつた。

(2) 郊外型店舗

1) 自動車販売店ショールーム

- ・ガラススクリーン構法の被害が、仙台市周辺地域、郡山市周辺地域で多く見られた。水戸市周辺地域では、仙台市周辺地域および郡山市周辺地域に比べ小規模店が多かったものの、被害例は多く見られた。

2) 大型ショッピングセンター・家具販売店・家電販売店等

- ・各調査地域とも、ガラス防煙垂れ壁の被害が多く見られた。そのうち天井被害に伴ってガラス破損・脱落している例も多く含まれているが、地震によるガラス防煙垂れ壁の揺れの振幅の巾の痕跡から大型ショッピングセンター等の建物躯体の地震時の変形が設計基準を超えていたことも考えられるため、一概にガラス防煙垂れ壁のみの耐震性について述べることができない。
今後の構造躯体および天井材の耐震性と併せての検討を待たなければならない。
- ・なお、耐震タイプのガラス防煙垂れ壁の被害も見られたが、非耐震タイプに比べ破損例は明らかに少なく、耐震効果は顕著であった。
- ・また、ガラスを支える下枠カバー材の効果が顕著であったことを現認できたものの、ガラスが破損した際に、一時的にガラスの脱落を防ぐ効果があったかについては、ヒアリング調査では明らかにできなかつた。

表 3-1 ガラス等の被害状況

			都市型ビル建築		郊外型店舗	
			一般ビル	百貨店	自動車販売店 ショールーム	大型ショッピングセンター・ 家具販売店・ 家電販売店等
調査地域		構法				
①	仙台市 周辺地域	サッシ・ カーテンウォール	破損例 非常に少ない	破損例 見られず	破損例 非常に少ない	破損例 少ない
		ガラススクリーン	破損例 非常に少ない		破損例 多い	
	宮城県南部 市町村市街地 周辺地域	ガラス防煙垂れ壁 非耐震タイプ		破損・脱落 見られず		破損・脱落 多い
		ガラス防煙垂れ壁 耐震タイプ		破損・落下 見られず		破損例あった が優位差あり
②	水戸市・ ひたちなか市・ 日立市 周辺地域	サッシ・ カーテンウォール	他の調査団では被害が散見・甚大 との報告がされているが、 補修工事が終了したと見え、 破損状況は確認できず		小規模店舗等 で改修中散見	
		ガラススクリーン			破損例 多い	
		ガラス防煙垂れ壁 非耐震タイプ				破損・脱落 多い
		ガラス防煙垂れ壁 耐震タイプ				破損例あった が優位差あり
③	郡山市・ 須賀川市・ 本宮市 周辺地域	サッシ・ カーテンウォール	補修中のビルが散見されたが、 ガラス破損有無は確認できず		確認できず	
		ガラススクリーン	破損例 見られない		破損例 多い	
		ガラス防煙垂れ壁 非耐震タイプ	破損・脱落 見られず			破損・脱落 多い
		ガラス防煙垂れ壁 耐震タイプ				破損例あった が優位差あり

3-2 ガラススクリーン構法の被害分析について

ガラスを方立としたガラススクリーン構法は大規模な地震が発生した際に、近年設計されたカーテンウォールに比べ、被害報告が多く寄せられていた。そこで板硝子協会では今回クローズアップ調査を行い、これまでに類を見ない件数の情報を収集した。

その結果、ガラススクリーンの高さやガラスの厚さに着目した分析ではあまり特徴的な傾向を見出しきれはできなかったが、建物竣工年別にみると、比較的新しいものについては、被害率が少なくなっている傾向があることが分かった。これは、建築物自体の耐震性の向上が要因となっていると考えられるが、ガラススクリーン構法に対しても、設計者が地震時のガラスの挙動や接着シールに対しての見解を深め、より慎重で安全性を考慮した設計をし始めたことが要因のひとつではなかろうかと推測する。

今回の調査では、各々の事例についてヒアリングや実測等を行い、詳細なデータを収集した。板硝子協会では、それらの細分析を行うことにより、これからガラススクリーン構法の設計法に関して、さらに安全で快適なファサードを提供できるような検討を行うことも考えている。

付)引用文献、出典等

1-1 地震の概況

- ・日経アーキテクチュア : 「地震動、1000 年に 1 度の規模」(2011 年 4 月 10 号)
- ・気象庁震度階級 : 気象庁ホームページ
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- ・気象庁報道発表資料 : 「平成 23 年(2011 年) 3 月 11 費 14 時 46 分頃の三陸沖の地震」
(平成 23 年 3 月 11 日 16 時 00 分)
: 「平成 23 年(2011 年)東北太平洋沖地震」について(第 34 報)
(平成 23 年 4 月 9 日 01 時 15 分)
: 「平成 23 年(2011 年)東北太平洋沖地震」について(第 35 報)
(平成 23 年 4 月 11 日 08 時 20 分)
- ・防災化学研究所速報 : <http://www.bosai.go.jp>
- ・NKSJ-RM レポート | 51 : 東日本大震災レポート
「今回の地震の特徴と建物の被害状況、耐震設計について」
- ・日本建築学会 : 「東北地方太平洋沖地震災害調査速報」(2011 年 7 月)

1-2、(3) 仙台市近郊における自動車販売店のガラススクリーン構法の被害状況の調査

- ・踏査調査及び報告書「仙台市内における自動車ディーラー店の窓ガラス損害状況調査」
: (株) 工業市場研究所に委託

平成23(2011)年東北地方太平洋沖地震におけるガラス等の被害調査報告書 作成委員会

委員長 :	清家 剛	東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授
委 員 :	磯崎 敏正 高原 正弘 淡谷 武司 渡部 紀夫 俵田 忠明 木原 幹夫	板硝子協会建築委員会委員(旭硝子) 板硝子協会建築委員会委員(日本板硝子) 板硝子協会建築委員会委員(セントラル硝子) 板硝子協会調査役 板硝子協会調査役 板硝子協会調査役

平成 24 年 1 月

板硝子協会

〒108-0074 東京都港区高輪1丁目3番13号 NBF 高輪ビル4階

TEL.03-6450-3926 FAX.03-6450-3928

www.itakyo.or.jp

※本書の一部又は全部を無断で複写、複製、転載あるいは電子媒体等に入力することを禁じます。