

被災した建築物に対する総合的な調査と対策立案に関する研究

浅野良晴¹・高木直樹¹・土本俊和¹・五十田博¹・
高村秀紀¹・柳瀬亮太¹・梅干野成央¹・松田昌洋¹
¹信州大学

1. 始めに

本研究は2011年3月12日に栄村を中心に発生した長野県北部地震による建築物やインフラの被災状況の把握、仮設住宅に関する調査をおこなったものである。その中から現時点で成果としてまとめられた資料に基づき、作成した。

2. 報告書の内容

2-1. 建物の被災状況と復旧方法に関する調査(五十田博)

被災後に現地調査を行い、被災状況を確認し、地震波との関係などについて速報的にまとめた結果を示す。

2-2. 仮設住宅の居住環境調査(高木直樹、柳瀬亮太)

栄村村内に建設された合計55戸の仮設住宅を対象に、温熱環境などの物理的居住環境の長期計測を行うと共に、居住者を対象にアンケート調査を行った。その結果を速報的にまとめた結果を示す。

3. 建物の被災状況と復旧方法に関する調査(五十田博)

3-1. 地震動の建物へ与える影響の分析

図1に栄村役場、津南町で観測された地震動記録に基づいて作成した加速度応答スペクトル(5%減衰)を建築基準法の一般地域(2種地盤)のそれと比較して示した。一般に建物、特に住宅に影響を与える周期帯は1~1.5秒とされ、その周期成分は建築基準法より小さいものの、0.5~1.0秒の範囲で大きな加速度応答が観測された。つまり、極めて耐震性の劣る建物で倒壊などの大きな被害が起こること、建築基準法を満足する、あるいは満足しなくとも耐震性が劣るとされる建物で倒壊に至らずとも壁の亀裂をはじめとする軽微な被害が発生することが予想される。

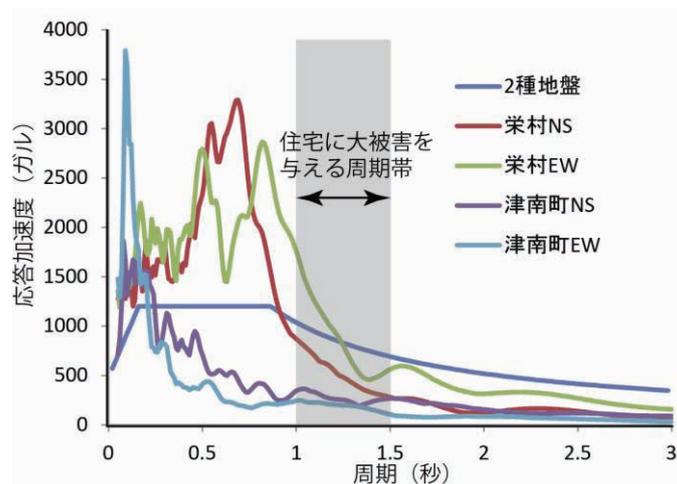


図1 加速度応答スペクトル

3-2. 木造建築物の被害

木造の被害は長野県栄村の森、青倉、横倉の集落で数多く発生している。被害はこの地域的に限られてはいるが、その被害の様相(写真1)は2004年新潟県中越地震の田麦山地区や小千谷市吉

谷地区に近いものがある。つまり、集落の一部の地域では多くの建物が倒壊し、傾斜も発生し、総じて建物が被害を受けている様子が見られた。特に被害の外観上の深刻さを印象付けているのが、これまで耐震性の低いとされた車庫や農業倉庫（写真2）などである。

住宅では振動による建物の倒壊がみられた。また、傾斜した建物もいくつかあり、その原因として、柱脚部の踏み外し（写真3）、筋かいの座屈（写真4）、などが観察された。

また、積雪期に発生したことから、積雪と地震による被害の関連について興味深く観察した。つまり、建築基準法施行令第46条第4項に定められている壁量の算定根拠には積雪荷重が考慮されておらず、理論的には積雪荷重が地震時の質量となり、被害が拡大されることが予想されている、からである。地上には2m程度の積雪があったが、幸い屋根上に深い積雪はない建物が多く、被害が拡大するようなことはなかった。ただし、逆に建物が傾斜した際に、建物脇の積雪によりかかって倒壊を免れた建物があった（写真5）。また、地震時に屋根雪が落下したという声も聞かれ、屋根雪については現段階では不明な点が多い。なお、2階の被害が多い印象がある（写真6）。屋根雪による影響、1階階高相当まで積雪があったことの影響が考えられるが、現段階でその原因も不明である。



写真1 青倉地区の被害



写真2 農業倉庫の被害



写真3 柱脚部の踏み外し



写真4 筋かいの座屈



写真5 積雪によりかかる建物



写真6 2階が倒壊した建物

3-3. 詳細調査：被災度区分判定

詳細調査として、被災度（日本建築防災協会，2002）を算定し、耐震診断（日本建築防災協会，2004）をあわせて実施した。なお、耐震新診断は一般診断法とした。調査対象建物は被害の大きい3つの集落で許可を得ることが出来た木造住宅10棟である。なお、筋かいの位置の特定できた建物と特定できていないものがあり、正確な診断評点になっていないが、全体的な傾向はとらえているものと考えられる。図2には診断評点と被災度の関係を示した。注目すべき点は被災建物の診断評点が0.5程度に分布していることである。図3には典型的な平面図を記した。壁の絶対量が不足していることや、玄関のある南面に壁がなく壁の偏り具合がわかる。すべての筋かいを考慮できていないとはいえ、耐震性能が不足していることは間違いない。また、被災度を求めるために、基礎、床組、軸組、耐力壁、仕上げ壁、屋根、それぞれについて詳細な目視調査を実施するとともに、損壊率を求めている。詳細調査で得られた典型的な被害を3つほどあげると、

- 1) 柱，横架材端部が緊結されていない。それによって壁が面外にはらみだした。(写真7)
- 2) 柱脚部はHD金物や山形プレート金物がついてしたが，HDが外れたり，土台が割裂破壊したりした。(写真8)
- 3) 脚部が固定されていない農家型伝統的民家では，局所的に移動が生じ，床組に被害が生じた。(写真9)

1)については，緊結金物を施工することにより防げた被害であろう。2)の原因は，壁の面外へ

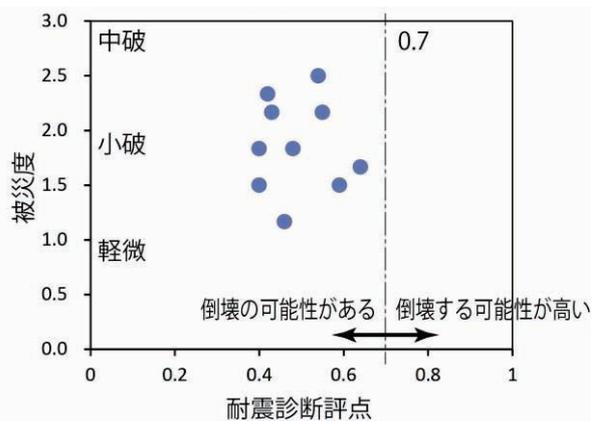


図2 耐震診断結果と被災度の関係



図3 被災住宅の平面図 (1階)

の変形と考えられるが、金物の想定外の破壊であり、今後設計法として不備がないか詳細な検討が必要と考えられる。3)は固定されていないがゆえに床組の被害程度で済んだという見方もできようが、周辺の被害状況を考えるに、必要な壁量があつて、脚部が固定されていれば今回は防げた被害ともいえる。



写真7 はりが外れ壁が面外に



写真8 脚部の破壊 (HDがあった)



写真9 束の移動

3-4. 復旧に関する状況

作業倉庫などは新たに新築され、筋かいなどが多く入っている。その平面計画上致し方ないものではあるが平面的な偏りは解消されていない。住宅は前の形態に戻すものが多く、接合金物を取り付けられてはいるものの、耐震診断によって補強を図る住宅はあまり聞かない。融雪により地盤面の被害も見られるようになってきており、地盤面の亀裂が敷地内部にまで及んでおり、床のたわみの原因なども明らかになってきている。今後慎重な判断のもとでの復旧が望まれる。

文献

- 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準，2002
- 日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断法と補強方法，2004

4. 仮設住宅の居住環境調査 (高木直樹、柳瀬亮太)

3月12日の長野県北部大地震により長野県下水内郡栄村では住宅全壊など多くの被害が出た。それにより55戸の仮設住宅が建設された。

仮設住宅は住んでいた住宅が被災して居住不可能と判定された住民が一時的に避難するための住宅であるが、実際には被災住民が高齢者であるなどの理由で被災した住宅を建て直すことができず、最大2年と定められている期間住み続ける場合も多い。しかし、現在の仮設住宅は工事現場のプレハブ程度の建物であり、夏暑く、冬寒く、結露などの問題も多く、劣悪な居住環境である場合が多い。その居住環境は居住者の健康のことを考えても無視することはできない。また、栄村は日本有数の豪雪地帯であり、積雪に対しての性能は未知である。

過去の研究において、温熱環境の悪さは度々指摘されているが、多くはアンケートによる調査のみで、実測によりその実態を把握した例は非常に少ない。

本研究では、仮設住宅の温熱環境を調査するために、室内外に様々な温熱環境測定器を設置し、物理的環境調査を行う。同時に夏期、冬期に住民アンケートを行い、仮設住宅に対する意識調査を通じて、仮設住宅が持つ問題点を抽出する。実測調査とアンケート調査により居住環境の実態を把握し、現状の把握と課題の検証を行い、今後の仮設住宅のあり方について検討を加えることを目的に調査を行う。

4-1. 温熱環境調査

4-1-1. 実測概要

4-1-1-1 実測対象

本研究では、横倉農村広場グラウンドの仮設住宅50戸の内、5戸を対象に実測を行う。図1に仮設住宅の内観と外観、図2に対象となる仮設住宅の矩計図を示す。

4-1-1-2 実測方法

表1に実測項目と測定方法、図3に対象住宅と測定点を示す。



図1 仮設住宅の外観と内観

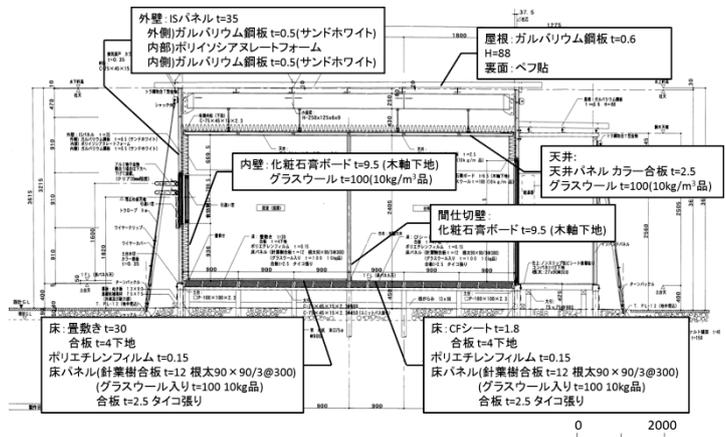


図2 矩計図

表1 実測項目と測定方法

実測項目	測定場所	測定器	測定期間	設置・測定方法	測定数
外気温・湿度	仮設住宅外部の庇の下	自然通風用銀筒、温湿度センサー、データ記録用ロガー	7月29日～ 2月29日	庇の下に吊るして固定	1ヶ所
日射量	駐車場の横	日射計		5mのポールを立てて先端に固定	1ヶ所
室内温度・湿度	床上120cm(温湿度)	温湿度センサー、データ記録用ロガー	8月19日～ 11月4日	L字にした針金を用いてセンサーを壁から離して固定	1ヶ所 ×5戸
	床上120cm(温湿度)、 床上10cm(温度)、 天井下10cm(温度)	温湿度センサー、温度センサー、データ記録用ロガー			3ヶ所 ×5戸
風向・風速(屋外)	駐車場の脇	2次元風向風速計	9月7日	地上1.5mに設置	1ヶ所
表面温度	地表面・外壁・内壁・ 床・天井	サーモカメラ	9月7日	10:00、14:00、18:00 に測定	9ヶ所
	地表面・外壁・内壁・ 床・天井	放射温度計	9月7日	10:00、14:00、18:00 に測定	45ヶ所
グローブ温度	室内の床上120cm	グローブ球、温度センサー、データ記録用ロガー	9月7日	ポールに固定して 9:00～19:00まで測定	2ヶ所
風向・風速(室内)	各部屋の床上120cm	3次元風向風速計	9月7日	10:00、14:00、18:00 に全開口、間仕切りを 開いた状態で各部屋 10分間測定	4ヶ所

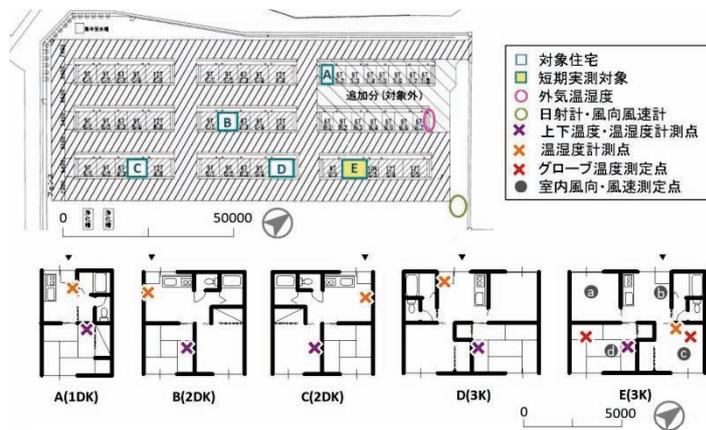


図3 対象仮設住宅と測定点

4-2. 夏季実測結果と考察

4-2-1 風向・風速

図4に屋外で測定した風向・風速を示す。8月、9月ともに南西からの風が多く、9月は北東方向からの風も多くなっている。これは図5に示したように川に沿って風が吹いているためと考えられる。また、平均風速は8月が0.48[m/s]、9月が0.46[m/s]であった。

次に、2011年9月7日に測定した室内の風向・風速を表2に示す。各部屋の測定結果の下に、各部屋での測定時刻と同時刻の屋外での風向・風速を示してある。測定場所 a-d は、図3に示してある。すべての開口、間仕切りを開いた状態で各部屋10分間ずつ測定したが、cの部屋の10:00と14:00でわずかに観測されたのみで、それ以外では無風であった。これは図5で確認できるように、風が仮設住宅の棟と平行、つまり開口に対して平行に吹いており、室内に風が入りにくいためだと考えられる。

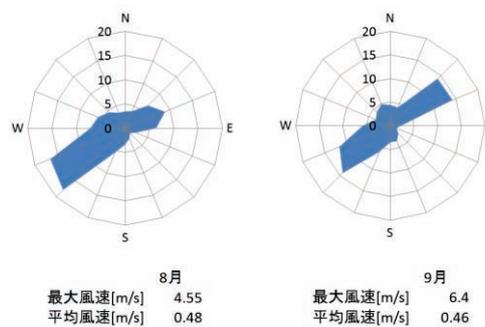


図4 屋外の風向・風速



図5 周辺地図と風向

表2 室内の風向・風速

測定時刻	測定場所	最大風速 (m/s)	最小風速 (m/s)	平均風速 (m/s)	風向 最頻値
10:00	外気	3.9	0.15	2.047	S
	a	0	0	0	-
	外気	4	0.15	1.653	SSW
	b	0	0	0	-
14:00	外気	4.8	0.1	1.488	S
	c	0.52	0	0.001	W
	外気	3.45	0.15	0.951	S
	d	0	0	0	-
18:00	外気	3.4	0.15	1.414	N
	a	0	0	0	-
	外気	1.7	0.1	0.209	NNW
	b	0	0	0	-
18:00	外気	2.65	0.1	1.163	N
	c	1.21	0	0.03	ESE
	外気	2.65	0.1	0.809	N
	d	0	0	0	-
18:00	外気	0.15	0.1	0.119	S
	a	0	0	0	-
	外気	1	0.1	0.124	SW
	b	0	0	0	-
18:00	外気	0.15	0.1	0.109	NNW
	c	0	0	0	-
	外気	0.45	0.1	0.107	E
	d	0	0	0	-

4-2-2 室温と外気温

図6に室温と外気温の時刻別平均温度変動のグラフを示す。夏期の代表として、天気がよく外気温が高かった8月5日から8月15日における各日の同時刻の温度の平均値をとり、そのプロット点をつないだものである。夏期の典型的な1日の温度変動を示すものである。

すべての住戸で夜から朝にかけて外気温よりも室温が高くなっているのが確認できる。最大で4℃～5℃以上の差があり、夜間の室温が最も低かったE(3K)でも最低室温は26℃以上になっている。これは、通風状況が悪く換気がうまく行われていないため、室内に熱がこもってしまっているものと考えられる。

また、住まい方によって各住戸の温熱環境に差が出ている。

A(1DK)では、日中も在宅して

おり、室温が28℃を超えたらエアコンをつけるようにしているため、日中でも室温は28℃前後までしか上がっていない。E(3K)では帰宅後すぐにエアコンをつけ、エアコンの使用頻度も高いため、室内の空気が冷やされ、夜間の室温が最も低くなっている。それに比べてB(2DK)ではエアコンの使用頻度は低く、夜間はつけていないため、16時の時点ではE(3K)と室温がほぼ同じだが、17時以降は徐々に差が開き、23時には約3.4℃の差が出ている。

栄村の仮設住宅入居者の平均年齢は67歳(アンケート回答者の平均値)と高く、高齢者単身、もしくは高齢者と同居している世帯がほとんどである。高齢者は老化に伴い温冷感覚が低下し、体温を一定に保つ能力も低下しているため、日本建築学会高齢者生活熱環境研究会では「高齢者・身障者に配慮した住宅温熱環境評価基準値」を定めている(日本建築学会編, 1998)。夏季の場合、居間・食堂・寝室では25±2℃であり、基準値に収まっているのはE(3K)の22:00-0:00とA(1DK)の16:00、17:00、19:00、20:00、C(2DK)の6:00のみである。これらの結果を見ても分かるように、住まい方によって温熱環境を改善し、基準値に近づけることはできるため、住まい方の誘導が必要である。

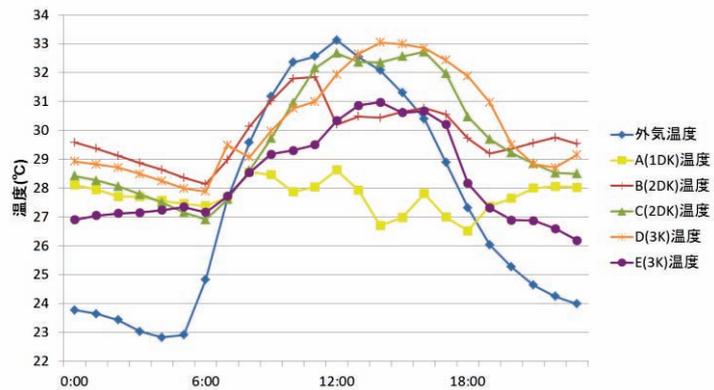


図6 室温と外気温の時刻別平均温度(2011/8/5-8/15)

4-2-3 表面温度

屋外と室内においてサーモカメラで熱画像を撮影し、各撮影点において放射温度計で表面温度を測定した。図7にサーモカメラの撮影点を示す。図8、図9の熱画像で、すだれや壁面緑化による表面温度の低減が確認できる。また、表3は放射温度計で測定した屋外の表面温度である。「すだれ(ガラス)」や「緑(壁)」という項目はすだれや植物の下(すだれや植物の影になっている部分)の外壁やガラスの表面温度である。直射日光が当たる10:00の南東外壁において、すだれや壁面緑化によって-7℃から-15℃の低減効果が見られた。

次に表4に示した室内側の表面温度を見ると、外気と接している北西や南東の壁面、天井の表面温度は他の壁面の表面温度と変わらず、日射の影響は見られなかった。過去の研究(山口ら, 1996)では壁面や天井の断熱性に問題があり、日射の影響を受けていたが、その点は改善されている。日射の影響が見られないため、すだれの有無によって内壁の表面温度に違いはないが、10:00における南東のガラス面で、すだれありの方が3℃低くなっている。しかし、すだれの有無で室温やグローブ温度に違いは見られなかった。

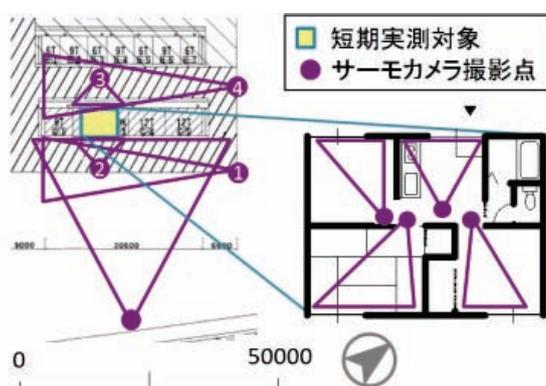


図7 サーモカメラ撮影点

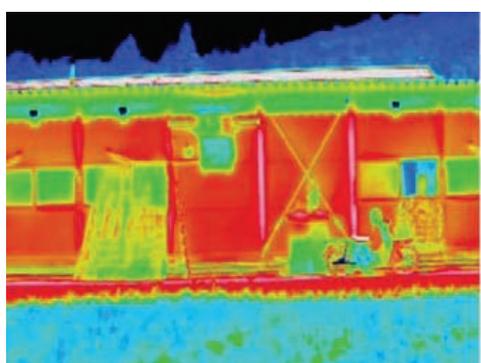


図8 熱画像(撮影点2)

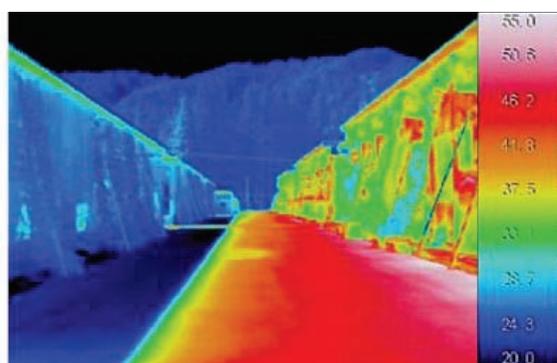


図9 熱画像(撮影点4)

4-3. まとめ

横倉農村広場グラウンドの仮設住宅50戸の内、5戸を対象に夏期における温熱環境を測定し、以下の知見を得た。

風が開口と平行に吹いており、窓も小さいため、室内にほとんど風は入ってこない。その結果、換気が満足にできず、夜間の室温は外気温よりもかなり高くなっている。

住まい方によって室温の変動に違いが見られた。住まい方の指導をすることにより温熱環境をいくらか改善できると考えられる。

内壁や天井の表面温度に日射の影響は見られなかった。すだれや壁面緑化により、外壁や窓ガラスの表面温度の低減が見られたが、室温やグローブ温度に影響は見られなかった。

表3 屋外表面温度

測定場所		10:00	14:00	18:00		
1	地表面 (°C)	アスファルト	38	50	28	
		土	21	30	19	
2	南東 外壁① (°C)	c	壁	35	26	18
			ガラス	27	25	18
		d	すだれ	34	25	18
			すだれ(壁)	25	25	19
			すだれ(ガラス)	20	25	20
3	北西 外壁 (°C)	a	すだれ(壁)	13	24	20
			すだれ(ガラス)	20	25	20
		b	壁	15	23	21
4	南東 外壁② (°C)	緑	26	19	16	
		緑(壁)	26	27	19	
		すだれ	25	25	18	
		すだれ(壁)	25	24	19	
		壁	40	25	18	

表4 室内表面温度

測定場所		10:00	14:00	18:00	
a	洋室(°C)	北西	16	23	26
		北東	16	22	26
		南東	17	23	26
		南西	16	22	26
		床	16	21	25
		天井	17	24	26
b	キッチン(°C)	北西	17	23	27
		北東	16	23	26
		南東	17	24	27
		南西	17	23	27
		床	16	22	24
		天井	17	24	26
c	洋室(°C)	北西	18	23	25
		北東	17	23	26
		南東	18	23	26
		南東(ガラス)	23	23	24
		南西	17	22	26
		床	20	22	24
d	和室(°C) (すだれあり)	天井	19	24	25
		北西	16	23	25
		北東	16	23	25
		南東	17	24	25
		南東(ガラス)	20	24	20
		南西	17	24	25
	床	16	22	24	
	天井	17	25	25	

4-2 アンケート調査

4-2-1. 栄村の応急仮設住宅

2011年3月12日に長野県北部地震が発生し、5月末から応急仮設住宅の入居が開始した。応急仮設住宅は、第1次分として、横倉農村広場グラウンドに35戸、北野天満温泉駐車場に5戸建設された。横倉農村広場は5月29日から、北野天満温泉は5月14日から入居が開始された。また、第2次分として、横倉農村広場に15戸が追加され、7月に入居が開始された。住戸タイプは6坪型(1DKバス・トイレ付)・9坪型(2DKバス・トイレ付)・12坪型(3Kバス・トイレ付)の3タイプがあり、基本的には5戸1棟で建てられているが、7戸1棟・8戸1棟のものもある。また、北野天満温泉は全てが9坪型である。供給の中心となったのは9坪型である。5戸1棟の平面図を図1に示す。

長野県栄村は寒冷地であり、日本有数の豪雪地帯でもある。断熱材や二重サッシを用いるなど、2007年に発生した新潟中越沖地震の応急仮設住宅を参考にしながら建設された。



図1 平面図

4-2-2. 既往研究

応急仮設住宅に関わる研究は、現場を対象とする調査が主となっており、「大災害時の応急仮設住宅供給に関する研究(室崎ら)」、「応急仮設住宅の物理的実態と問題点に関する研究(牧ら)」、「阪神・淡路大震災における応急仮設住宅供給に関する研究(越山ら)」、「阪神・淡路大震災後の応急仮設住宅の供給と建設過程の比較研究(狩谷ら)」、「新潟県中越地震における応急仮設住宅の配分結果と居住満足感の分析(佐藤ら)」、「災害事例にみる応急仮設住宅に対する居住者の要求調査と今後への提案(鈴木ら)」などがある。いずれの研究も仮設住宅の居住者を対象とするアンケートやインタビューを実施し、応急仮設住宅の問題点を探求している。

なお、表1は過去の災害と応急仮設住宅の建設戸数および建築構造の変化について、狩谷らの研究でまとめられていた表に平成15年以降の災害を調査しまとめたものである。表1から、昭和50年以降では、軽量鉄骨造のプレハブ建築が主流であることがわかる。また、阪神淡路大震災の事例は、他の災害と比較して規模が大きく、外国製や自力仮設住宅など様々な手段で供給を行っていたことがわかる。さらに、1977年の台風9号から、家族人数に合わせて部屋数の異なる3タイプの部屋を備えた応急仮設住宅が設置され始めた。

4-2-3. 研究概要

本研究では長野県北部地震における被災地である栄村を対象とする。栄村は震災による人的被害は比較的少なかったものの、住宅被害が（全壊・半壊・一部損壊あわせて）688棟にものぼり、道路や河川に多くの損傷や崩壊・土石流の被害が出るなど、住宅およびインフラに大きな被害を受けた。本研究では、地域生活者の特性をふまえ、これまでの都市圏を対象とする調査にて浮き彫りとなった応急仮設住宅の問題点とは異なる側面から居住環境について考察し、豪雪地・村落における応急仮設住宅の問題点を検討する。

調査に際しては、既往研究や文献から応急仮設住宅の建設事例を精査し、問題点をまとめ、栄村の応急仮設住宅の問題点と比較する。続いて、栄村の応急仮設住宅の居住者にインタビューおよびアンケート調査を実施し、その内容に基づいて、応急仮設住宅の満足度や居住性能を明らかにする。おわりに、家族構成、年齢、震災以前の住家といった居住者のバックグラウンドと調査結果を総合的に考察することで、栄村の応急仮設住宅の問題点などを明らかにする。また、過去の建設事例と比較することによって、場所や地域性に応じて生じる問題なども明らかにできるだろう。

4-2-4. 調査概要

4-2-4-1 調査方法

栄村は日本有数の豪雪地として知られるほど積雪の量が多い地域である。過去の記録では、昭和20年2月12日に観測市場最高の7 m85 cmを記録しているほどである。したがって、夏季と冬季では、応急仮設住宅の快適性が大きく異なると考えられるため、2期にわたって調査を実施する。

夏季は、2011年8月29日から9月5日の間で8日間、調査は2人1組によるインタビュー形式で、居住者の属性や応急仮設住宅の住み心地などについて、28戸（55戸中）の世帯より回答をえた。冬季の調査は、異なりアンケート用紙を用いて行い、2011年12月9日に配布し、11日に回収した。33戸の世帯より回答をえた。なお、自宅の再建できたなどの理由で、応急仮設住宅を退去した世帯もあり、現在は約50世帯が居住している。

4-2-4-2 調査内容

夏季のインタビューでは、家族構成や震災前の住所など居住者の属性や、震災後から応急仮設住宅入居に至るまでの経緯、応急仮設住宅入居後の近所付き合いの有無や周辺環境に関すること、応急仮設住宅の性能に関する満足度などを質問した。

冬季では、外出状況や応急仮設住宅の性能、応急仮設住宅全体に対する満足度など、夏季と比べて変化している可能性の高いものを選んで、質問した。また、夏季と異なる点として、横倉農村広場に集会場と売店が10月17日に完成した。これによって、居住者の外出状況など生活が変化することも考慮し、売店の利用の有無なども質問項目に加えた。夏季のインタビューに回答いただけなかった居住者に関しては、居住者の属性も質問項目に加えた。2種類のアンケート用紙を作成、配布した。表1は冬季の質問項目である。

表 1 冬季 質問項目

居住者の属性	年齢・性別・家族構成	夏季に回答 していない世 帯のみ質問
	被災前の住所	
	被災前の住居形態	
	住家の被災状況	
	地震発生から仮設住宅入居 までの流れ	
仮設住宅での生活に ついて	近所づきあいの維持 今後、希望する住まい	
	外出状況	
	暖房器具の使用状況	
	寒さ対策	
	隙間風や凍結の有無	
	売店の利用	
仮設住宅の評価	夏と比べた仮設住宅での暮 らしの変化	
	仮設住宅全体の満足度	
	外部空間の使いやすさ	
	震災以前の住宅と比べた温 かさ	
	以前の住宅を10点とした 時、現時点での仮設住宅の 点数	

4-2-5. 結果・考察

世帯主の年齢構成・世帯人数 70代以上、独り暮らし・2人暮らしが過半数を占めており、40代・20代は居らず、30代は4名と少なかった。また、3名以上の世帯は3割に満たず、世帯間の連携を積極的に図る仕組みづくりが必要と考えられる。

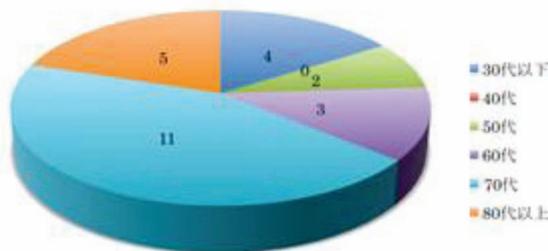


図2 年齢構成

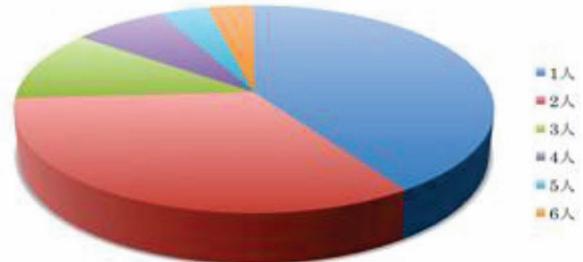


図3 世帯人数

被災状況 当然のことながら、大きな被害を受けており、全壊・半壊・大規模半壊は24世帯を占めていた。今後の住まいに関しては、異なる場所を希望する世帯が15と、僅かながら半数を上回っていた。地盤調査の結果を提供するなど、想定される災害に対する耐性の高い地域を案内することが望まれていると思われる。

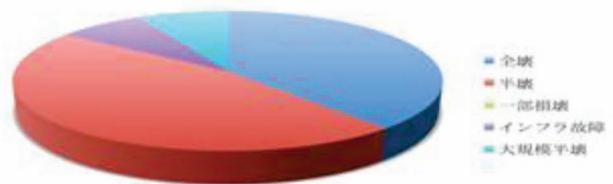


図4 被災状況

不安や悩みについて 仮設住宅内にて地域のつながりが継続できている傾向が見られ、生活の不安などがコミュニケーションを通じて緩和されていることが推察された。なお、不安を感じる内容については、住居の確保・健康・資金などがあげられ、内容に応じた専門家による支援が望まれていた。

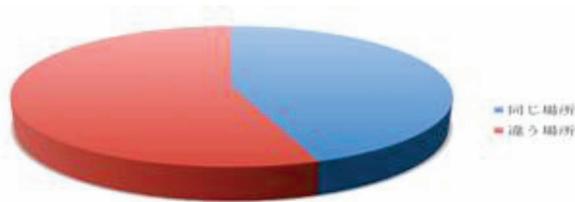


図5 今後の住まいとして希望する場所

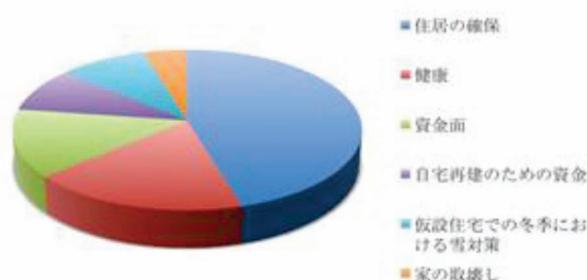


図6 不安を感じる事物

住環境について 快適と感じている人は極めて少なく、暑い・少し暑いとの評価が多くを占めていた。その一方で、住環境改善の工夫を試みている世帯は少なく、適切な暑さ対策が実施されていない可能性がある。また、狭さについても、空間の使い方や視覚的な工夫によってより良い環境づくりができると思われ、物理的状況の把握と並行して、問題点を見出して対応事例を周知するなどすることで、少なからず改善できるかと考えられる。なお、対応事例を収集して公開している事例としては『仮設のトリセツ（新潟大学岩佐研）』などがある。

また、震災後の住環境に関する総合的な評価では、段階（避難所・仮設住宅入居直後・3ヶ月後）を経るにつれて徐々に高まってきており、すまいとして仮設住宅が重要な役割を果たしていることが示唆された。



図7 温熱環境

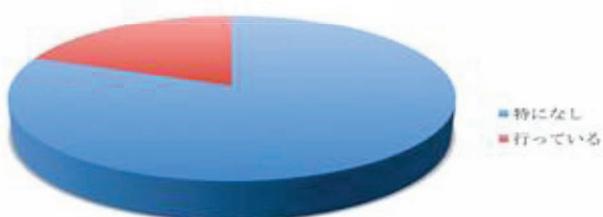


図8 住環境改善の工夫

表1 不安や悩みを打ち明ける人の有無と生活の不安の有無

不安や悩みを打ち明ける人	生活の不安あり	生活の不安なし
いる	19	3
いない	1	(不明1)

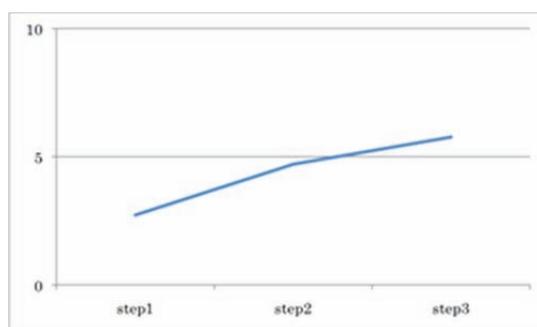


図9 仮設住宅の全体評価（以前の住まいを10とした場合）

文献

- 日本建築学会編：高齢者のための建築環境 彰国社 1998年9月
 山口雅子・菊澤秀和・中島倫・菊澤康子：兵庫県南部地震における応急仮設住宅の事例研究
 第2報各輸入仮設住宅の室内温熱環境の特徴と問題点 日本建築学会近畿支部研究報告集
 pp.433-436,1996年度

5. 伝統木造住宅建物の被災状況に関する調査（松田昌洋、梅干野成央、土本俊和）

5-1. 調査の概要

長野県栄村の木造住宅は建築年代の古いものも多く、伝統構法の木造住宅にも地震による被害が発生した。ここでは、長野県の県宝であり、伝統的な中門造りの阿部家住宅について行った地震被害調査の内容を報告する。調査は平成23年7月19日に行い、地震発生から4ヶ月の期間が経っていたが、建物の修理等は行われておらず、被災直後の状況を残していた。

5-2. 阿部家住宅の概要

阿部家住宅は長野県下水内郡栄村大久保に所在する平屋の伝統的な農家建築である。昭和50年（1975）に長野県の県宝に指定されており、栄村に所在する唯一の県宝でもある。

建物は、中門造りの形式であり、江戸時代後期に建設されたと推測されている。現在の外壁は土壁であるが、建設当初は茅壁であったという。また、現在の間取りは食い違い四間取りであるが、建設当初は広間型の三間取りであったという。かつて、「おえ」は土座であり、また、中門の部分には「まや」が設けられていたという。

建物の軸組には、雪国の農家建築らしく、要所に骨太な柱が用いられている。柱の断面寸法は4寸～7寸角であり、最も太い7寸角の柱は、中門を含む土間部分に6本、土間部分と「おえ」の境に3本、「おえ」と「おく」・「へや」の境に3本の合計計12本が配置されている。小屋組は6寸角の叉首によって構成されており、屋根は茅葺屋根である。

阿部家住宅が所在する栄村の伝統的な農家建築は、大部分が中門造りの形式となっている。中門造りの形式の農家建築は、豪雪地の広い範囲に分布しており、「深雪地下水内郡の地理的考察」²⁾によれば、北は秋田県・岩手県から南は長野県までの広い範囲に分布しているという。これをふまえて踏査を行った結果、その南端域は、新潟県との県境にほど近い、長野県の飯山市や栄村が位置する範囲であった。その意味で、阿部家住宅は、中門造りの伝統的な農家建築、とりわけ、その分布の南端域に位置する代表的な建物である、と説明することもできるだろう。



写真1 阿部家住宅外観

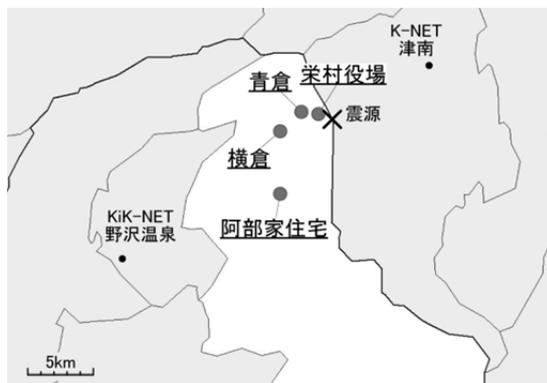


図1 震源と阿部家住宅との位置関係

5-3. 地震被害の状況

主要な耐震要素の土壁であるが、阿部家住宅の場合、全面壁は外壁部分に多く、「おえ」の周囲など内部はほとんどが垂れ壁となっている。調査では、土壁を損傷状況によって5段階（①被害なし～④荒壁が剥落、図2参照）に分類した。その結果、損傷の度合いが最も激しい④の壁の数が最多であることが確認され、全面壁、垂れ壁ともに同様の傾向であった。

柱の最小断面寸法は4寸角であるが、垂れ壁下端や差鴨居接合部における柱の折損は生じていなかった。一方で、上屋と下屋をつなぐ柱梁の仕口における梁の引き抜き、貫端部の折損など接合部の損傷が見られた。



図3 阿部家住宅の各部被害

5-4. 伝統木造住宅の地震時挙動の検証

5-4-1. 解析概要

阿部家住宅を例とした解析を行い、長野県北部地震における農家型の伝統木造住宅の地震時の挙動について検証する。解析方法は1質点系の時刻歴応答解析とし、入力地震動は本震の栄村EW波、栄村NS波とした。

5-4-2. 建物のモデル化

阿部家住宅の木部、土壁、茅葺屋根といった部材の重量を積算した結果、建物重量は474kNとなった。既往の研究^{3)~6)}によると、農家型伝統木造住宅の単位床面積あたりの重量はおよそ2~3kN/m²であり、阿部家住宅は3.04kN/m²となったことから、重量の推定値として妥当な値である。

「重要文化財（建造物）耐震診断指針」⁷⁾における基礎診断の方法に従って、土壁の全面壁と垂れ壁付き独立柱を耐震要素としてモデル化し、荷重変形関係を推定した。なお、土壁は壁厚をすべて70mmとし、木材の材料特性はスギ相当と仮定した。図4に阿部家住宅とともに、既往の実大水平加力実験^{3)~6)}で得られた平屋の農家型伝統木造住宅（直屋）の荷重変形関係を示す。実験での最大荷重は桁行方向、梁間方向ともに層せん断力係数（荷重 / 建物重量）でおよそ0.2であるが、阿部家住宅の推定値は0.35を超える値となった。実際には、実験値のように経年変化による接合部のゆるみや部材の劣化等の影響も含まれていることから、ここでは阿部家住宅の耐力を1.0倍、0.7倍、0.5倍したものを対象として時刻歴応答解析を行った。

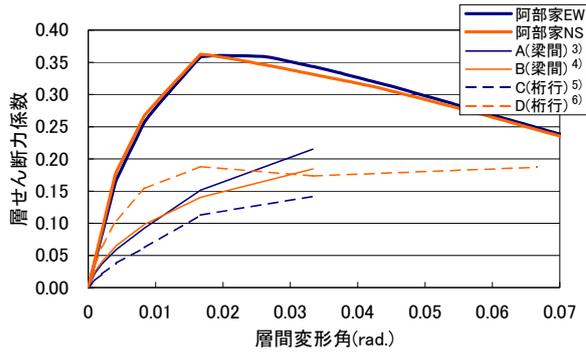


図4 伝統木造住宅の荷重変形関係

表1 解析結果

		耐力の倍率		
		x1.0	x0.7	x0.5
最大応答値 (rad.)	EW	1/18	1/17	1/15
	NS	1/32	1/30	1/32

5-4-3. 考察

時刻歴応答解析の結果を表1に示す。図4の推定値(1.0倍)を用いた場合で、最大応答値はEW方向が1/18rad., NS方向が1/32rad.となった。調査で計測した最大残留変形角はEW方向が1/40rad., NS方向が1/33rad.であったことから、解析結果は実際の状況を表していると言える。また、耐力を低減した場合(0.7倍、0.5倍)でも、EW方向、NS方向ともに1.0倍と比較して最大応答値に大きな変化は見られない。この地震の卓越周期は、木造住宅への影響が大きい1.0~1.5秒の周期帯よりも短く、損傷によって固有周期の長くなった伝統木造住宅が振動の影響を受けにくくなったことが、この解析結果の大きな要因であると考えられる。

文献

- (1) 長野県：長野県史 美術建築資料編 全一卷(二) 建築，長野県史刊行会，1990，p.262 参照
- (2) 弓削春穂：深雪地下水内郡の地理的考察，下水内教育会，1954，pp.169-171 参照
- (3) 杉山英男，野口弘行ほか：江戸時代に建築された農家の水平加力試験の結果，日本建築学会構造系論文報告集第360号，1986.2
- (4) 坂本功，河合直人ほか：伝統的木造住宅の水平加力ならびに振動実験，日本建築学会大会学術講演梗概集C，1985.10
- (5) 近藤哲：伝統的木造住宅の水平耐力に関する実験的研究，東京大学修士論文，2001.2
- (6) 佐藤弘美，松田昌洋ほか：現地実験による伝統的木造住宅の構造性能に関する研究 山口県の農家を対象とした静的水平加力実験，日本建築学会構造系論文集第602号，2006.4
- (7) 文化庁文化財保護部：重要文化財(建造物)耐震診断指針，2000.3

謝辞

阿部家住宅の調査においては栄村教育委員会、信濃伝統建築研究所の和田勝氏にご協力をいただきました。また、阿部家住宅の図面は和田勝氏所有の図面を参考として作成したものです。ここに記して皆様に深謝いたします。

6. インフラの被害状況とがれき及び解体材の発生状況（高村秀紀、浅野良晴）

6-1. はじめに

平成23年3月12日に発生した長野県北部地震により被災した、栄村におけるインフラの被害状況とがれき及び解体材の発生状況について調査を行った。調査方法は主に栄村役場の職員の方へのヒアリング調査とした。

6-2. インフラの被害状況

上下水道と浄化槽の被害状況についてヒアリング調査を実施した。

6-2-1. 上水道の被害状況

栄村の水源は地下水と湧水の2種類である。上水道の被害が最大であったのは森地区で、水源が喪失したのは森地区（給水戸数85戸）のみであった。断水などが見られた施設は16施設であった。調査のための断水を含め、断水は717戸であった。断水には給水車で対応した。最短の給水開始日時は3月21日16時（白鳥地区）であった。給水再開に最も時間を要した森地区の給水開始日時は4月6日17時であった（中条地区は4月15日17時）。

断水した施設と被害状況を表1に示す。被害の多くは配水管であった。配水管の被害状況の写真を写真1～3、5～6に示す。また、応急の配水管の設置状況を写真4、7に示す。

平成24年1月1日の地震による漏水が発生した。この漏水により空になった配水池が2箇所あり、給水車で対応している。

6-2-2. 下水道の被害状況

栄村の下水道は、森地区は農業集落排水であり、その他の地区は合併浄化槽となっている。

表1 上水道の被害状況

水道種別	水道名	被害状況	給水戸数
簡易水道	白鳥	配水管破損	66
	平滝	導水管、配水管破損	67
	横倉	配水管破損	42
	青倉	配水管破損	57
	森	水源喪失、配水管破損	85
	百合居	配水管破損、配水池使用不能	96
	中央	受水槽ボールタップ破損	53
	雪坪・志久見・柳在家	配水管破損	66
	長瀬・切欠	配水管破損、減圧槽管路破損	39
	北野・中野・極野	配水管破損	49
飲料水供給施設	坪野	配水管破損	13
	泉平	配水管破損	23
	小滝	配水管破損	18
	天代・笹原・当部	被害なし（調査のための断水）	18
	原向	被害なし（調査のための断水）	21
簡易給水施設	天地	被害なし（調査のための断水）	4
計			717



写真1 破損した配管



写真2 破損した配管



写真3 破損した配管



写真4 応急配水管

6-2-2-1. 農業集落排水の被害状況

111戸が農業集落排水に加入している。供用開始から10年しか経過しておらず、比較的新しい施設といえる。被害状況としては基礎地盤の隆起及び沈下により管路のたわみやマンホールなどのずれが生じた(写真8~11)。被害状況の調査には水が必要であるため断水期間はマンホールの調査やカメラを管内に挿入して調査した。本格的な調査は水道の仮復旧後に行った。管路閉塞区間を仮配管とポンプでバイパスさせ、4月20日に全域での使用が可能となった。

6-2-2-2. 合併浄化槽の被害状況

断水期間は農業集落排水と同様に、調査ができなかった。また、外観の損傷状況も1次調査期間(3月22日~3月25日)では積雪により調査できなかった。2次調査期間(4月4日~5月11日)で全数調査完了している。1次調査の内訳は次の通り。使用可能104基、使用不可6基、未調査287基。2次調査の内訳は次の通り。使用可能247基、暫定使用可能113基、使用不可36基、未調査0基。これらの調査結果より、149基が損傷を受けたことになる。損傷状況としては、合併浄化槽本体の浮き上がりによる入出接続間の破損や浄化槽本体の損傷(穴あき)があった。損傷状況を写真12~16に示す。本体を交換するのは28基であり、26基の交換が完了している(2基は仮設住宅に入居中の家)。



写真5 破損した配管



写真6 破損した配管



写真7 応急配水管



写真8 排水路管上層路盤の沈下



写真9 排水路管上層路盤の沈下



写真10 隆起したマンホール



写真11 隆起したマンホール



写真12 隆起した浄化槽



写真13 隆起した浄化槽



写真14 隆起した浄化槽



写真15 破損した浄化槽



写真16 破損した浄化槽

6-3. がれき及び解体材発生状況

住宅被害は全壊が33棟、半壊が169棟、一部損壊が486棟であった。解体住家数は109件、修繕工事（住家）は58件、解体非住家は217件、修繕工事（非住家）は20件分の廃棄物が処理された。家屋等解体事業フローチャートを図1に示す。このフローに沿って解体は行われた。解体の様子を写真17～23に示す。また、修繕工事に発生した廃棄物の様子を写真24～26に示す。



写真17 解体の様子（外観）



写真18 解体の様子（外観）



写真 19 解体の様子 (内観)



写真 20 解体の様子 (内観)



写真 21 解体現場のがれき



写真 22 解体現場の木材



写真 23 解体現場の木材



写真 24 修繕現場の廃石膏



写真 25 解体現場の廃棄物



写真 26 修繕現場の廃石膏ボード

家屋等解体事業フローチャート

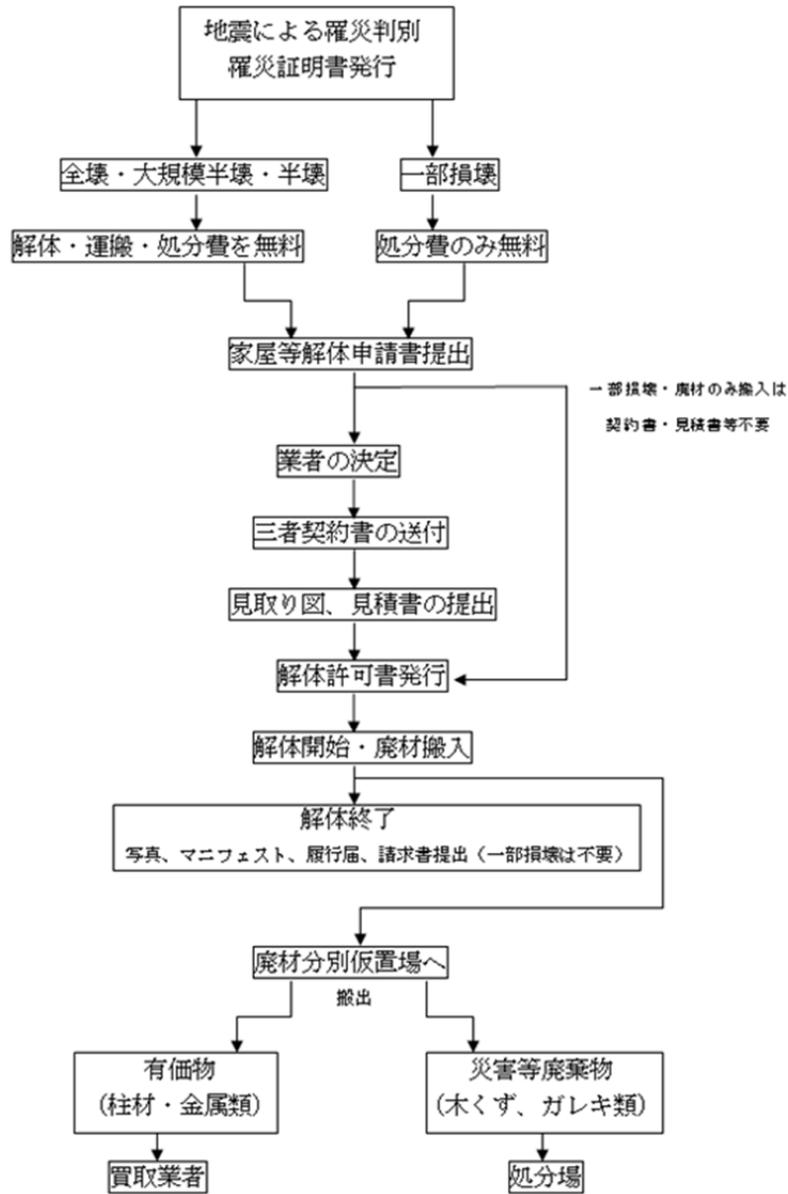


図1 家屋等解体事業フローチャート

廃棄物は白鳥地区の生コン工場内に設置された仮置き場に搬入された。仮置き場の様子を写真 27～40 に示す。なお、解体現場で 14 分類に分別して仮置き場に搬入したため、処分に支障は生じなかった。14 分類の内訳は次の通り。①柱材等木材、②金属類、③その他木くず類、④かや、⑤畳、⑥廃プラスチック (破碎)、⑦コンクリートがら、⑧廃プラスチック (安定)、⑨廃石膏ボード、⑩ガラス、陶器類、⑪グラスウール、⑫がれき類、⑬汚泥 (土壁)、⑭石綿含有物。廃棄物の処理フローを図 2 に示す。



写真 27 廃棄物の仮設置場



写真 28 仮設置場の木材



写真 29 仮設置場の木材



写真 30 仮設置場の木材



写真 31 仮設置場の木材



写真 32 仮設置場の木材



写真 33 仮設置場の畳



写真 34 仮設置場の畳



写真 35 仮設置場のがれき類



写真 36 仮設置場のがれき類



写真 37 仮設置場のがれき類



写真 38 仮設置場のがれき類



写真 39 仮設置場のがれき類



写真 40 仮設置場の金属類

有価物は合計で 2303.63t であった。有価物の内訳は、柱材等木材が 1622.72t でありこれは紙製品等となった。金属類は 680.91t であり、これは金属製品となった。廃棄物の合計は 15339.29t であった。内訳は、その他木屑類が 2883.18t であり、焼却処分された。かやが 297.78t であり、焼却処分された。畳が 144.56t であり、焼却処分された。廃プラスチック（リサイクル可）が 5.15t であり、破碎・溶解後プラ製品となった。コンクリートがらが 10652.17t であり、破碎後建材となった。廃プラスチック（リサイクル不可）が 52.16t であり、破碎後埋立処分された。廃石膏ボードが 388.32t であり、破碎後埋立処分された。ガラス・陶磁器が 101.44t であり、破碎後埋立処分された。ガラスウールが 10.17t であり、破碎後埋立処分された。がれき類が 293.35t であり、埋立処分された。汚泥（土壁）が 507t であり、埋立処分された。石綿含有物が 4.01t であり、埋立処分された。

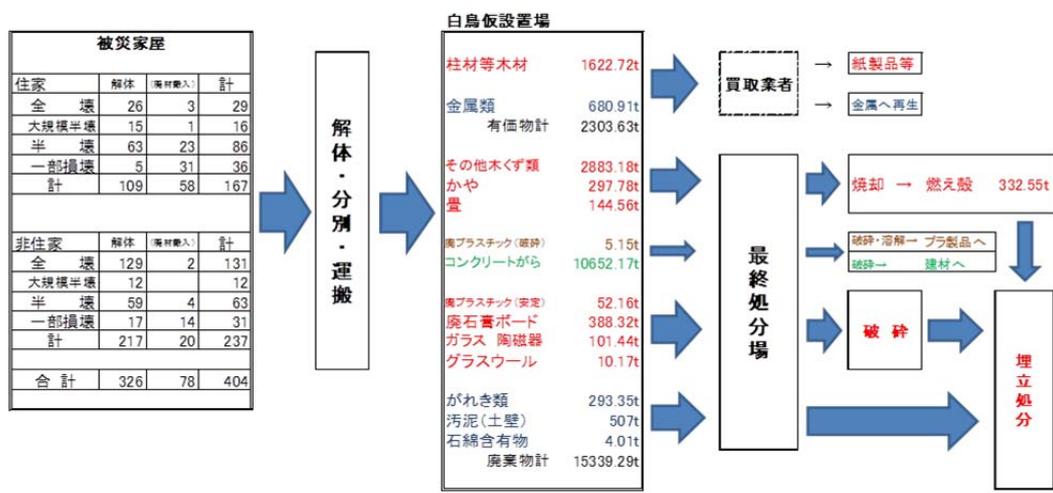


図2 廃棄物の処理フロー

処分のピークは7月と11月であった。問題点としては、一人暮らしの住宅ではたんすなどの家の中の片付けが進まず、解体が進められないという問題があった。

6-4. その他

6-4-1. 停電

安全のため電力会社が地震後全世帯のブレーカーを落とした。停電は一部の地域で3月12日のみ生じた。

6-4-2. プロパンガスの被害状況

全世帯において、ガスメータの安全装置によりガスの供給が自動遮断した。ガス漏れの報告はなかった。

6-4-3. 道路の被害

国道117号、飯山市～栄村～新潟県境は道路陥没により通行止。6月30日に通行止が解除された。

国道405号、津南町内3区間は雪崩及び落石により通行止。3月21日に通行止が解除された。県道箕作飯山線、飯山市～栄村2区間は路肩及びスノーシェッド崩落により通行止。4月11日に飯山市～栄村国道117号交差点で通行止が解除された。

県道秋山郷森宮野原線は栄村極野～国道117号交差点で道路陥没により通行止。4月11日に通行止が解除された。県道長瀬横倉線は栄村県境長瀬橋～横倉駅で土砂崩れ、家屋倒壊の恐れにより通行止。6月1日に通行止が解除された。

6-4-4. 鉄道への影響

JR東日本飯山線は戸狩野沢温泉～十日町間で運転を見合わせた。4月29日に運転が再開された。

謝辞

本調査は信州大学山岳科学総合研究所の長野県北部地震災害調査研究課題として実施した。調査の実施にあたり、斎藤家富栄村副村長、産業建設課の齋藤保様、住民福祉課の齋藤稔様には貴重な資料をご提供頂くと共にご説明頂いた。ここに感謝の意を表す。