

研究代表者

所属・職・氏名 和歌山工業高等専門学校環境都市
工学科・教授・轟巻峰夫

共同研究者

所属・職・氏名 和歌山工業高等専門学校環境都市
工学科・教授・大久保俊治
和歌山大学システム工学部・教授・
吉田登
和歌山大学システム工学部・准教
授・山本祐吾

資材ストック量を考慮した災害廃棄物量の予測手法に関する研究

要旨

災害廃棄物の迅速で的確な処理・リサイクルを推進する社会的なシステム構築が必要とされている。そのためには災害の規模に応じて廃棄物の種類や発生地域毎に発生量を予測する手法が確立されることが望まれる。正確で迅速な発生量予測を行うための一つの方法として地域に存在する社会資本や自然的な資材ストック量にもとづいて災害廃棄物発生量を予測する方法が考えられる。

本研究では GIS を活用した災害廃棄物量を資材ストック量にもとづいて種類別、地域別に予測する手法の検討と、和歌山県下では非常に量が多い流木量の精度の高い予測のために射影変換を用いた推計手法の 2 つの検討を行った。

GIS を活用した災害廃棄物量予測の検討では、手法の確立のために日高川町における平成 23 年 9 月の紀伊半島大水害において発生した災害廃棄物量の再現計算を試みて手法の確認を行った。検討の結果、発生量の実績値 12.7 千 t に対して資材ストック量 1,459 千 t、予測廃棄物量 21.1 千 t という予測値を得た。この数値は、さらなる精度向上が必要であるが、今後の手法確立に向けて有効なデータであると考えられる。この手法を応用して、御坊市と和歌山市を対象に南海トラフ大地震を想定して、建物からの災害廃棄物量の試算を行った。この結果、御坊市においては全資材ストック量に対して約 45%、和歌山市で約 26% の災害廃棄物の発生があると予測された。

ダム流木災害廃棄物量の射影変換を用いた推計については、斜投影画像を射影変換する手法の開発を行い、次に室内実験によりダム湖面の流木に見立てた矩形の図形を、斜めから撮影した画像に対して射影変換を行って面積の推計をするとともに、もとの直投影の図形に対する再現性の確認を行い、必要な精度を確保するための作業内容について、作業の効率性との関連で評価した。

本研究は最終的な災害廃棄物の効率的で迅速な処理とリサイクル計画の支援ツール作成という面では基礎的研究と位置づけられるため、今後、継続的に研究を進める予定である。

(県補助金等交付規則第 13 条関係)

研究代表者

所属・職・氏名 和歌山工業高等専門学校環境都市
工学科・教授・轟巻峰夫

共同研究者

所属・職・氏名 和歌山工業高等専門学校環境都市
工学科・教授・大久保俊治
和歌山大学システム工学部・教授・
吉田登
和歌山大学システム工学部・准教
授・山本祐吾

資材ストック量を考慮した災害廃棄物量の予測手法に関する研究

1 目的

2011 年の東日本大震災において発生した災害廃棄物の処理・処分の実態は、大規模災害における災害廃棄物処理が社会全体にとって非常に重要な問題であるということを確認した。このため、近未来に発生が予測されている大規模地震への対策など廃棄物の対応についても検討が行われている。また、近年、地球温暖化との関連が指摘されている大型の台風や低気圧による洪水被害も地域に大量の水害廃棄物を発生させている。筆者等の所属機関の所在地である和歌山県においても 2011 年 9 月に来襲した台風 12 号による豪雨（以下、本文では通称である「紀伊半島大水害」という。）により大きな被害を受けるとともに大量の災害廃棄物が発生している。

このため、災害廃棄物の迅速で的確な処理・リサイクルを推進する社会的なシステム構築が必要とされている。そのためには災害の規模に応じて廃棄物の種類や発生地域毎に発生量を予測する手法が確立されることが望まれる。正確で迅速な発生量予測を行うための一つの方法として地域に存在する社会資本や自然的な資材ストック量にもとづいて災害廃棄物発生量を予測する方法が考えられる。しかし、従来の研究では、その基本となる災害時の地域での資材ストック量と発生量の関係の解析が行われていない。

本研究では GIS を活用した災害廃棄物量を種類別、地域別に予測する手法の検討と流木災害廃棄物量の予測のために射影変換を用いた推計手法の 2 つの検討を行う。

GIS を活用した災害廃棄物量予測手法の研究では、あらかじめ想定される災害や発災直後の被災地域がある程度把握した時点で活用できる災害廃棄物の予測手法の確立を最終的な目的としているが、本研究では災害廃棄物の発生源となる社会資本等によるストック量と GIS を用いた把握手法の確立と、その情報にもとづいて災害廃棄物量の実績値との比較により、予測手法の確立のための基礎情報を得ることを目的とする。

ダム流木災害廃棄物量の射影変換を用いた推計については、一般に湖面に浮かぶ流木廃棄物量を把握するためには、通常、流木を回収してスケールにて重量を測定する必要があるが、これを現地に流木が浮かんでいる状態で簡易に量の測定を行うことができれば流木量が容易に推計できるため便利である。流木量の堆積厚さはほぼ一定（30cm 程度）のため、流木の画像を取得し、画素数をカウントすることにより量を推計することが考えられるが、そのためには真上からの直投影画像を用いる必要が

ある。しかし、湖面を真上から直投影した画像を取得することは一般には困難である。そこで、本研究ではまず斜投影画像を射影変換する手法の開発を行い、次に室内実験によりダム湖面の流木に見立てた矩形の図形を斜めから撮影した画像に対して射影変換を行って面積の推計を行い、もとの直投影の図形に対する再現性の評価を行うことを目的とする。

2 実施方法

2.1 GIS を活用した災害廃棄物量の予測手法

2.1.1 資材ストック量の計算方法

(1) 検討対象とする資材ストック源

本研究では、潜在的廃棄物量の資材ストック源として建物、住居での耐久消費材等、道路、森林の4種類を対象とする。

(2) 建物による資材ストック量

a) 基本式

建物の資材ストック量はGISと統計等によって個別建物の延べ床面積と構造を想定した後、建物の構造別・資材別に設定した資材量原単位を用いて下記の式で予測する。なお、水害の場合、廃棄物となるのは上棟部分がほとんどであると考えられるので、計算は上棟部分と基礎部分に分けて行う。

$$SA = \sum (us \times Ah) / 1000 \dots\dots\dots (1)$$

SA : 資材種類別ストック量(t)

us : 資材種類別・構造別に設定した延べ床面積当たりの原単位(kg/m²)

Ah : 検討対象建築物の延べ床面積(m²)

b) 基本データと計算方法

建物の現存量は棟数、延べ床面積で把握する。検討の基礎となる建物に関するGISデータは、(株)ゼンリンが販売している「建物ポイントデータ」(以下、「建物PT」という。)を利用する。建物PTでは、建物がポイントデータとして入力されており、属性データとして建物の使用目的、階数(ただし、2階以下はほとんど記載なし)、投影面積が利用できる。

各戸の延べ床面積は、行政区域内の建物の総延べ床面積を各戸に割り振ることとする。行政区域内の総延べ床面積は、民間建築物は登記簿にもとづく数値、町有・県有建築物については総理府の調査データ、国有建築物は財務省のデータを利用する。

また、資材ストック量の原単位は、谷川等が設計事例をもとに積算して設定したデータ¹⁾である表2.1.1に示す数値を使用する。

表 2.1.1 建物の資材ストック原単位¹⁾

(単位:kg/m²)

	上棟部分									基礎部分								
	砂利・石	リコントク	モルタル	木材	ガラス	陶磁器	鉄	アルミニウム	その他	砂利・石	リコントク	モルタル	木材	ガラス	陶磁器	鉄	アルミニウム	その他
木造	0	0	3	88	5	52	2	2	32	78	221	0	0	0	0	5	0	0
S造 1階	0	0	67	8	0	2	132	0	25	339	584	0	0	0	0	7	0	0
S造 2階	0	0	109	20	3	1	104	2	20	100	587	0	0	0	0	14	0	0
S造 3階	0	0	143	4	1	1	165	1	0	214	416	0	0	0	0	13	0	0
RC造	0	1,451	44	0	1	3	60	2	8	138	776	0	0	0	0	37	0	0

(3) 住居での耐久消費材等

a) 基本式

住居内で居住者が所有する耐久消費材とその他の消費材の重量を計算する。本研究では工場や事務

所で保有する機材，資材は対象外とした．計算は下式による．

$$SC = \sum (fp \times uc \times Nh) / 1000 \dots\dots\dots (2)$$

SC：耐久消費材等によるストック量(t)
 fp：統計数値で設定できる世帯平均保有率
 uc：消費材別の単位数量当たりの重量原単位(kg/各材の数量単位)
 Nh：世帯数（ただし，ここでは世帯数＝棟数として検討を行う．）

b)基本データと計算方法

対象とする消費材としては，「平成 21 年度全国消費実態調査・1000 世帯当たり主要耐久消費財の所有数量」における耐久消費材の自動車を除く 44 品目に，畳，衣類・寝具類，書籍・紙類，食器類の 4 項目を加えた．各種の重量は，既往研究や Web による情報により平均的と考えられる数値を入力した．また，畳 10 畳/世帯・30 kg/枚，衣類・寝具類，書籍・紙類，食器類は概ねの値としてそれぞれ 20 kg/世帯とした．世帯当たりの区分毎の排出量は結果を表 2. 1. 2 に示すとおりであり，世帯当たり 1 t を越える程度である．

表 2. 1. 2 住居の消費材等の世帯当たりの資材ストック量

(単位:kg/世帯)						
木質系	紙・織 維・その 他可燃系	冷蔵庫	廃家電	畳	混合・そ の他不燃 系	世帯当たり 計
210	120	91	334	300	83	1,139

(4)道路における資材ストック量

a)基本式

道路は GIS データで区分されている路線毎の道路幅員区分毎に単位面積当たりの資材ストック量原単位を設定して下式で求める．

$$SR = \sum (ur \times Wr \times Lr) / 1000 \dots\dots\dots (3)$$

SR：道路によるストック量(t)
 ur：道路の幅員区分別に設定する資材ストック量原単位(kg/m²)
 Wr：幅員区分毎に設定した路線の代表幅員(m)
 Lr：路線延長(m)

b)基本データと計算方法

道路に関する GIS データは ESRI 社が，国土交通省のデータにもとづいて作成した道路データを用いる．属性情報として，道路種類（普通部，橋，トンネル），幅員区分(5 区分)，路線延長のデータを利用する．資材の対象としては表層・基層のアスファルトコンクリート（アスコン）と L 字側溝及び橋梁部の上部工のコンクリート及び鋼材とする．

アスコン量については「舗装設計便覧」²⁾を参考として表層・基層厚を設定する．幅員 5.5m 以上の道路について両側に L 字側溝の設置と橋梁部・高架部については上部工の資材としてコンクリート，鋼材を想定する．上部工の構造としては PC 橋を想定する．標準的な断面はメーカーの HP での参考資料³⁾を参照した．これら情報で設定した資材ストック原単位は表 2. 1. 3 にまとめるとおりである．

表 2.1.3 道路における資材ストック原単位

GISデータでの区分		代表幅員 (m)	原単位(kg/m ²)		
			アスコン	コンクリート	鋼材
地山 トンネル	3m未満	2.5	94	0	0
	3m-5.5m未満	4.3	118	50	0
	5.5m-13m未満	9.3	235	23	0
	13m-19.5m未満	16.3	235	13	0
橋梁	3m未満	2.5	94	403	97
	3m-5.5m未満	4.3	118	604	145
	5.5m-13m未満	9.3	235	805	193
	13m-19.5m未満	16.3	235	1,208	290

(5) 森林における資源ストック量

a) 検討方針と基本式

対象とする水害時には、収集された廃棄物の他、大量の流木等の木質廃棄物が日高川河口付近の海岸に漂着している。流木となる可能性を持ち潜在的災害廃棄物として下記の2種類を対象とする。また、地域的には椿山ダム上流は椿山ダムで集積して排除されるため、椿山ダム下流域を対象範囲とする。

- ・ 流路周辺で土砂災害の可能性のある関連法令等による指定地内の森林内の立木
- ・ 水辺林

検討においては、対象となる森林についてGISデータにもとづいて面積当たりの材積を設定して下式で当該区域内の材積を計算し、資材ストック量とする。

$$SF = \sum (uf \times Af) / 1000 \dots\dots\dots (4)$$

SF : 森林での資材ストック量(m³)
 uf : 対象森林の材積原単位(m³/ha)
 Af : 対象森林の面積(ha)

b) 基本データと計算方法

行政区域内の小班単位(数ha単位区分)での森林の位置情報、面積、材積等のデータは和歌山県森林簿(以下、「森林GIS」)を用いる。土砂災害危険区域指定地は国交省国土数値情報データサービスでの「土砂災害危険箇所データ」を用いる。流路周辺の森林の抽出方法は、砂防設計における流木発生量の予測方法のマニュアル⁴⁾・計算事例⁵⁾を参考とした。流路の抽出はArcGISに用意されたメッシュ解析での流域解析機能により谷筋のメッシュを抽出して、その中心線をラインデータで結んだ。この解析には国土地理院基盤地図ダウンロードサービスの「数値標高モデル・10mメッシュ」を基礎情報として用いた。

水辺林については筆者等の研究^{6,7)}による水害前において椿山ダムの影響と考えられる水辺林が形成されていたが、水害により立木はほぼ全量が流出していることを確認している。林地の面積当たりの材積は、類似の林地を森林GISから抽出して、その値を用いる。

2. 1. 2 紀伊半島大水害時における災害廃棄物量の再現計算

検討では日高川町を対象地域として検討を行う。なお、検討では新宮市についても検討を行ったが、新宮市については被災家屋の位置情報の大部分を入手することができたが、廃棄物の種類や建物以外の災害の内容について資料が入手できなかったため、報告書では日高川町での検討について記載する。

(1) 建物からの災害廃棄物量の算定方法

建物の被災状況は町丁字別に表2.1.4に示す被災区分で報告されている。そのため、被災建物の棟数、延べ床面積、構造は次のように設定する。

表 2.1.4 対象とする 2011 年台風 12 号（紀伊半島大水害）による被害の概要

	人的被害(人)			建物被害(棟)				
	死者	行方不明者	負傷者	住家建物被害				
				全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水
全国	82	16	113	379	3,159	470	5,500	26,102
和歌山県	52	5	9	371	1,842	171	2,680	3,147
田辺市	8	1	1	94	233	89	163	215
新宮市	13	1		87	237	3	1,447	1,166
那智勝浦町	27	1	4	103	905	2	440	962
日高川町	3	1		63	61		212	269

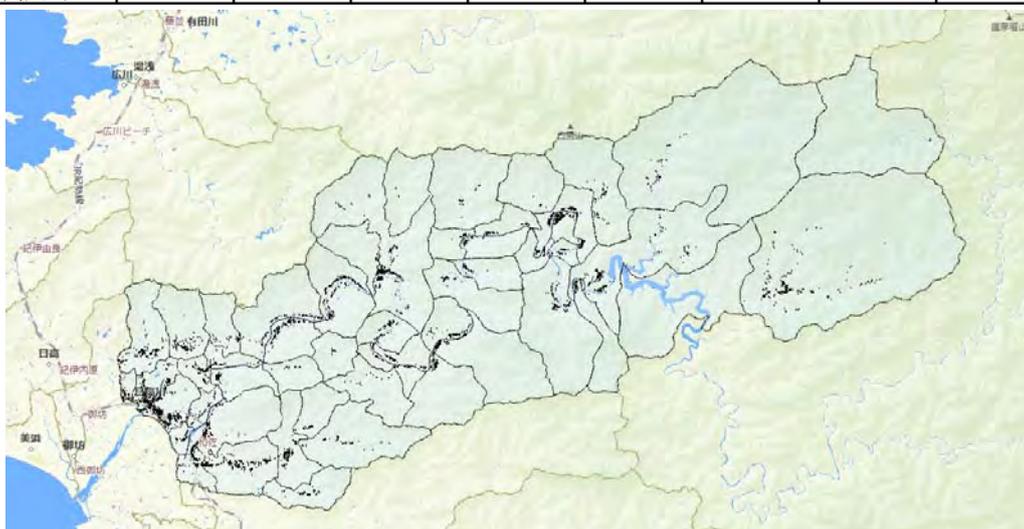


図 2.1.1 対象とした日高川町の町丁字区分と建屋の分布

- ・全壊建物は木造のみとする。半壊建物は木造，S 造とする。他はすべての構造に適用する。
- ・上記の条件で，各地区毎に建物の被災種別毎の被災確率を計算する。
- ・各戸について，(被災確率) × (延べ床面積) を計算して，各戸の被災種別被災延べ床面積を計算する。
- ・上記の計算を町丁字別に合計して，被災棟数，被災延べ床面積とする。

災害廃棄物量は，被災種別毎に資材ストック量に対する発生比率を仮に設定して計算する。計算条件は下記(3)～(5)を併せて表 2.1.5 にまとめる。

表 2.1.5 資材ストック量から災害廃棄物量への計算条件（仮に設定した値）

区分		発生率	
建物・耐久消費材等	全壊	上棟部	1.00
		基礎部	0.05
		耐久消費材等	1.00
	半壊	上棟部	0.50
		耐久消費材等	0.70
	床上浸水	耐久消費材等	0.70
床下浸水	耐久消費材等	0.10	
道路	仮説による算定量	1.00	
森林	流路近傍・土砂災害危険区域	参考文献より設定	0.72
	水辺林	筆者等の調査による知見	1.00

(3) 耐久消費材等からの災害廃棄物算定方法

耐久消費材等からの災害廃棄物量は，被災種類別に発生比率を設定して計算する。

(4) 道路からの災害廃棄物量の算定方法

日高川町の資料では道路被害について箇所、延長、復旧工事種別、復旧工事額が記載されている。位置は図 2.1.2 に示した。計算は、次のような仮定で行う。被害の種類のうち落橋については全ストックを計上する。舗装損傷の箇所については幅員の 1/2 のアスコンを計上する。舗装損傷も含めて全ての箇所の片側の L 字側溝分を計上する。

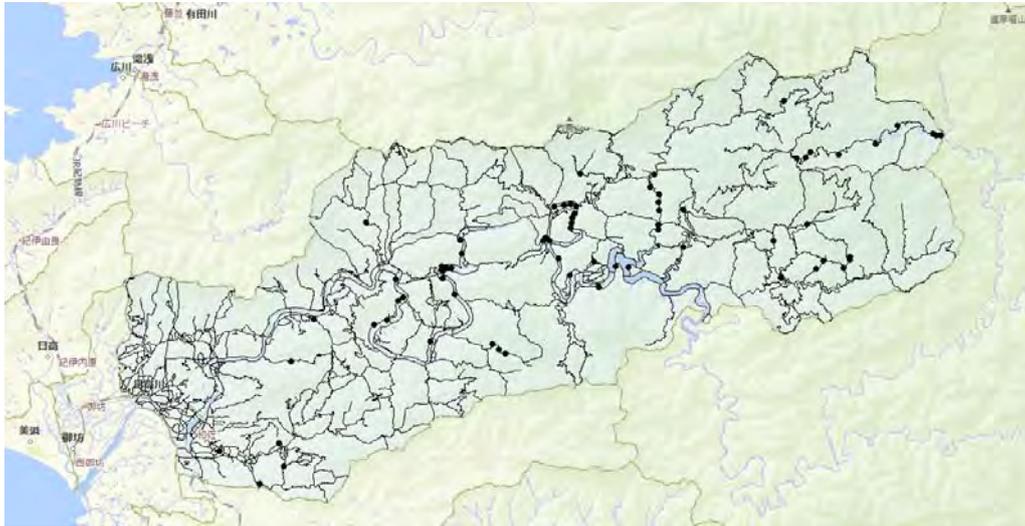


図 2.1.2 日高川町での道路と被災箇所

(5) 森林からの災害廃棄物量の算定方法

森林からの災害廃棄物量は資材ストック量のうち水辺林については全量を計上する。流路近傍・土砂災害危険区域については、国交省が発表している土砂災害危険箇所の整備状況から整備率として 20%、計算事例で採用している流出率 0.9 を採用してストック量から差し引いて計算する。

2. 1. 3 南海地震を想定した災害廃棄物量の地域別・種類別の予測

(1) 対象地域と対象災害規模

研究では、御坊市と和歌山市について検討を行った。報告書では御坊市の内容を説明する。

対象とする災害規模は、近未来での発生が予測されている南海トラフ大規模震災に対して和歌山県が想定している規模とする。

(2) 被害要因

対象とした被災要因は表 2.1.6 に示すとおりである。

表 2.1.6 検討対象とする家屋被災要因

施設区分	障害区分	対応
住居の逸失	震動による倒壊	○
	液状化による倒壊	○
	津波による倒壊	○
	火災による焼失	○
	土砂災害による倒壊	○

(3) GIS データ

①震度，液状化指数，津波浸水深

当該データは，和歌山県総合防災課のデータを利用した。

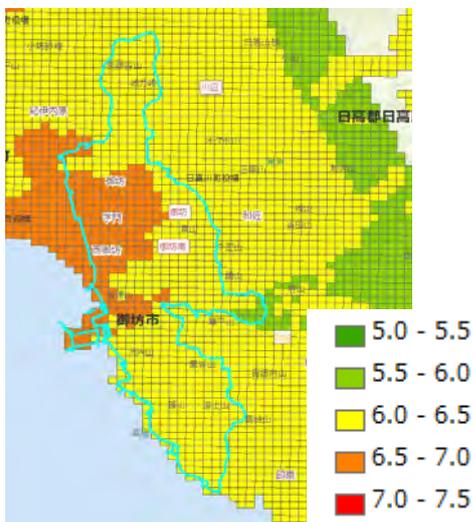


図 2.1.3 御坊市周辺での震度分布
(出典：和歌山県)

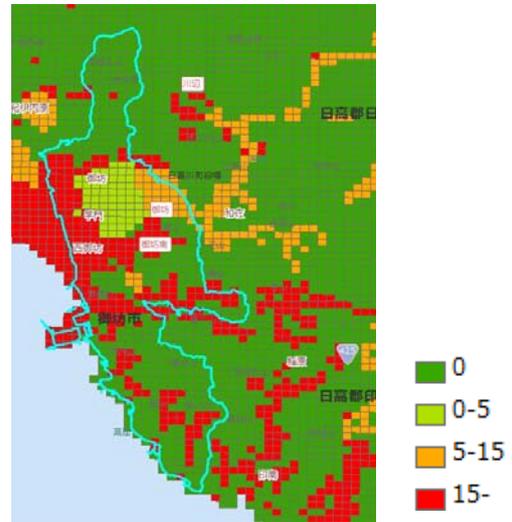


図 2.1.4 御坊市周辺での液状化指数分布
(出典：和歌山県)

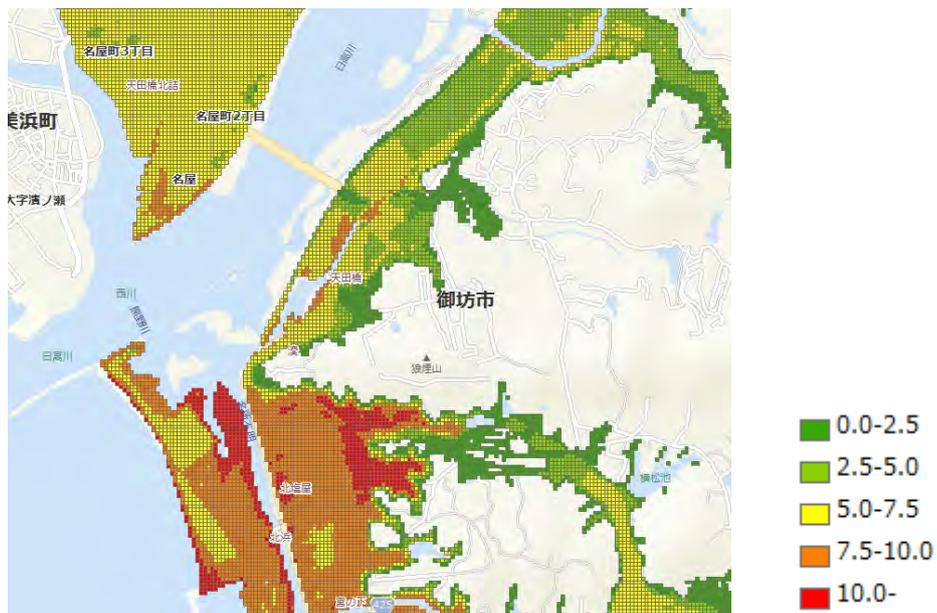


図 2.1.5 御坊市主要部の浸水深 (出典：和歌山県)

(4) 建築物に関する検討と利用データと現存量の把握方法

建築現存量については「2.1.1(2)」に述べた方法で把握する。

建築物の建築年次の推定は，「建築着工統計」により昭和 37 年以降の着工数を把握した後，既往研究⁸⁾で示されている下式によって現存数を把握する。

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{\eta}\right)^m\right) \dots\dots\dots (5)$$

$R(t)$: 築年数 t 年後の建物残存率

$F(t)$: 築年数 t 年後の建物消滅率

t : 築年数(年)

η, m : 形状等によって決定される係数。参考文献⁶⁾に提示されている。

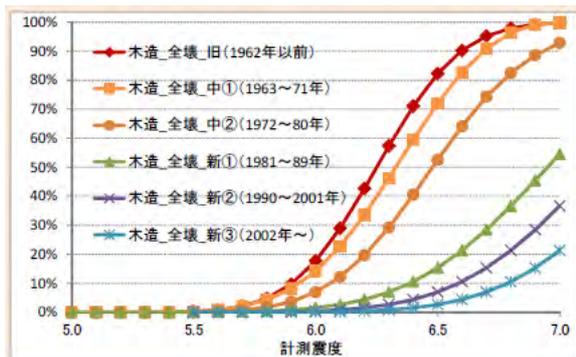
(5) 建物の被災予測の方法

①揺れによる倒壊

被災予測の手法は「南海トラフの巨大地震・建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要(内閣府)」⁹⁾に示されている方法による。この方法では震度別・築年次別倒壊確率が示されている(図 2.1.6 参照)。

なお、液状化による倒壊が優先するものとして計算を行う。

a) 木造家屋



b) 非木造家屋

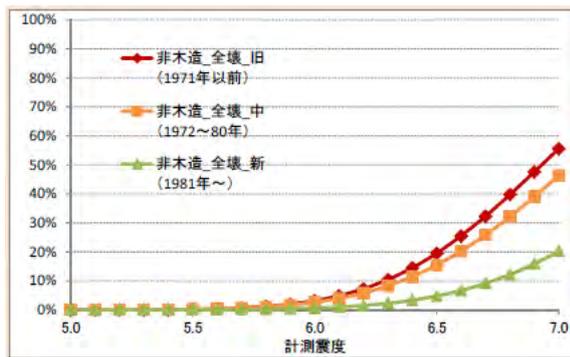


図 2.1.6 震度による家屋倒壊確率⁹⁾

②液状化倒壊

被災予測の手法は、液状化指数による倒壊確率を予測する手法で、「中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定手法(案)について～基本災害～平成 19 年 11 月 1 日公表」¹⁰⁾による。この方法では液状化係数ランク毎の液状化面積率と建物の築年次と構造区分別の倒壊確率が示されている。

表 2.1.6 液状化の危険度区分¹⁰⁾

PL値	危険度想定	ランク
$PL \geq 15.0$	液状化発生の可能性が高い	A
$5.0 < PL \leq 15.0$	液状化発生の可能性がある	B
$0.0 < PL \leq 5.0$	液状化発生の可能性が低い	C
$PL = 0$	液状化の可能性はない	D
—	対象外(砂層がない)	E

表 2.1.7 液状化危険度別液状化面積率¹⁰⁾

ランク	液状化面積率
A	18%
B	5%
C	2%
D	0%
E	0%

表 2.1.8 液状化区域での建物の被害率¹⁰⁾
(木造)

建築年代	大破率(%)	中破率(%)	全壊率(%)	半壊率(%)
～1960	13.3	12.9	19.0	18.4
1961～	9.6	18.0	13.7	25.7

表 2.1.9 液状化区域での建物の被害率¹⁰⁾
(非木造)

杭の有無	大破率(%)	中破率(%)	全壊率(%)	半壊率(%)
無	23.2	29.7	23.2	29.7
有	0	0	0	0

③津波による倒壊

被災予測の手法は「南海トラフの巨大地震・建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要(内閣府)」に示されている方法による。この方法では図 2.1.7 のような浸水深毎の建物構造別・

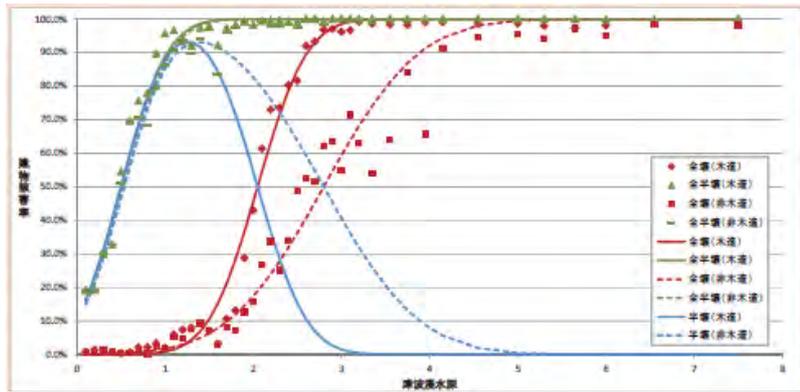


図 2.1.7(a) 津波浸水深毎の建物被害率 (DID 地区) ⁹⁾

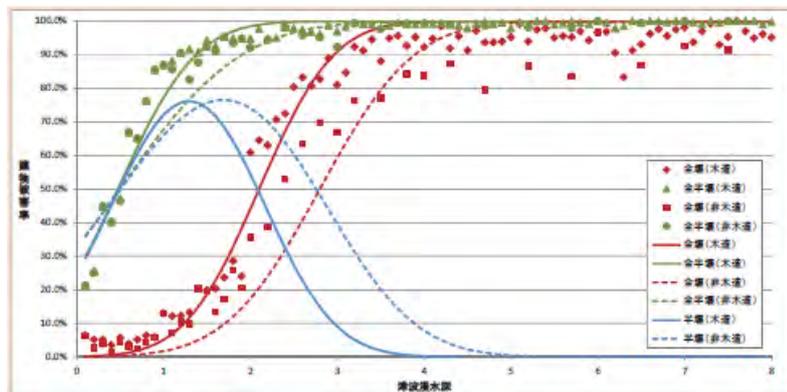


図 2.1.7(b) 津波浸水深毎の建物被害率 (非 DID 地区) ⁹⁾

④土砂災害

被災予測の手法は「南海トラフの巨大地震・建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要 (内閣府)」に示されている方法による。この方法では、急傾斜地指定地区内の震度6弱以上の建屋の倒壊確率10%と想定している。

予測では、国交省 GIS データベースにおける「土砂危険区域データ」を用いて指定地区を把握する。

⑤火災による被害

a) 戸別建物の出火棟数予測

被災予測の手法は「地震被害想定調査 (神奈川県)・第5章火災による被害」¹¹⁾、「川崎市地震被害想定調査報告書 (平成25年3月)」¹²⁾、「火災予防審議会地震対策部会答申書 (第19期)減災目標を達成するため木造住宅密集地域において緊急に実施すべき震災対策 (東京消防庁)」¹³⁾に示されている方法による。この方法では下記の式で計算を行う。

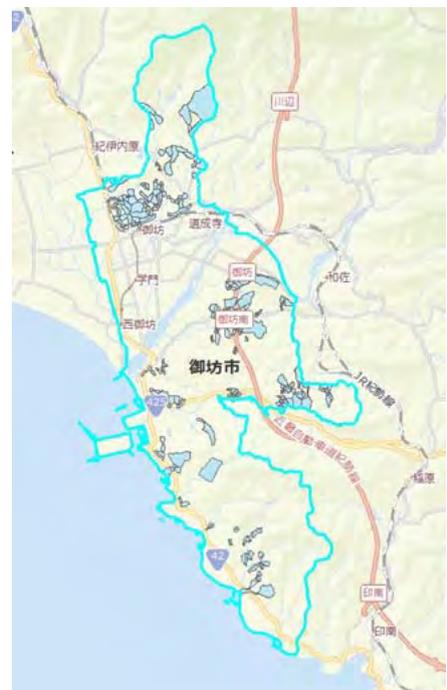


図 2.1.8 御坊市内の土砂災害危険箇所 (出典：国交省 GIS データベース)

$$\text{戸別建物の出火確率} = \Sigma (\text{要因別出火確率}) \times (1 - \text{初期消火確率}) \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{対象地域での出火件数} = \Sigma (\text{個別建屋の出火確率}) \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{地域平均戸別建物の出火確率} = \text{対象地域で出火件数} / \text{建屋棟数} \dots\dots\dots (8)$$

延焼クラスターごとの出火確率

$$= (1 - \text{延焼阻止率}) \times \text{地域平均戸別建物の出火確率} \times \text{クラスター内建物棟数} \dots\dots\dots (9)$$

ここで、各係数は以下のとおりとする。

・要因別出火率

建物の圧壊がない場合の火気器具、電熱器具からの出火率は参照文献による数値を用いる参考文献に、用途別・震度別に記載があり、建物PTに記載された建物の利用目的に応じて割り振った。

表 2.1.10 建物の用途別出火確率（建物圧壊以外）¹²⁾

用途	震度5弱		震度5強		震度6弱		震度6強		震度7	
	夏昼	冬夕								
映画館	0.0043%	0.0039%	0.0116%	0.0125%	0.0300%	0.0305%	0.0832%	0.1005%	0.1865%	0.2956%
キャバレー	0.0000%	0.0041%	0.0000%	0.0100%	0.0000%	0.0242%	0.0006%	0.0860%	0.0229%	0.2902%
料理店	0.0044%	0.0058%	0.0044%	0.0086%	0.0131%	0.0231%	0.0323%	0.0771%	0.0954%	0.2292%
飲食店	0.0069%	0.0073%	0.0096%	0.0106%	0.0291%	0.0306%	0.0808%	0.0858%	0.2058%	0.2168%
百貨店	0.0271%	0.0211%	0.1000%	0.0774%	0.2513%	0.1928%	0.7232%	0.5694%	1.8200%	1.6071%
物品販売店舗	0.0017%	0.0014%	0.0041%	0.0042%	0.0107%	0.0105%	0.0384%	0.0458%	0.3243%	0.3866%
旅館・ホテル	0.0148%	0.0151%	0.0644%	0.0653%	0.1600%	0.1618%	0.4566%	0.4752%	0.9663%	1.0709%
共同住宅	0.0007%	0.0012%	0.0011%	0.0027%	0.0031%	0.0070%	0.0090%	0.0249%	0.0349%	0.0757%
病院	0.0045%	0.0035%	0.0093%	0.0089%	0.0247%	0.0222%	0.0701%	0.0759%	0.2191%	0.4329%
診療所	0.0013%	0.0014%	0.0013%	0.0034%	0.0040%	0.0082%	0.0106%	0.0282%	0.0495%	0.1250%
寄宿舎	0.0014%	0.0016%	0.0028%	0.0025%	0.0075%	0.0068%	0.0228%	0.0244%	0.1116%	0.1456%
保育所	0.0025%	0.0002%	0.0033%	0.0009%	0.0095%	0.0019%	0.0246%	0.0094%	0.0694%	0.0393%
幼稚園	0.0019%	0.0013%	0.0019%	0.0042%	0.0056%	0.0109%	0.0137%	0.0594%	0.0431%	0.1772%
小学校	0.0083%	0.0022%	0.0136%	0.0058%	0.0374%	0.0142%	0.1002%	0.0612%	0.2989%	0.2175%
大学	0.0037%	0.0007%	0.0062%	0.0020%	0.0170%	0.0050%	0.0458%	0.0155%	0.1263%	0.0604%
公衆浴場	0.0006%	0.0009%	0.0009%	0.0027%	0.0026%	0.0064%	0.0073%	0.0225%	0.0282%	0.0874%
工場・作業場	0.0016%	0.0013%	0.0046%	0.0046%	0.0118%	0.0117%	0.0330%	0.0564%	0.0796%	0.1529%
事務所	0.0024%	0.0012%	0.0069%	0.0038%	0.0176%	0.0095%	0.0496%	0.0307%	0.1208%	0.0980%
住宅	0.0007%	0.0016%	0.0007%	0.0035%	0.0021%	0.0094%	0.0058%	0.0505%	0.0274%	0.1521%

建物が圧壊した場合の火気器具、電熱器具からの出火率は参照文献から下式による。

建物倒壊した場合の全出火率

$$= \text{建物倒壊棟数} \times \text{季節時間帯別の倒壊建物1棟当たり出火率} \dots\dots\dots (10)$$

ここで、冬深夜の値である0.044%を利用する。

また、電気機器、配線殻の出火件数は全倒壊棟数に対して、それぞれ0.044%、0.030%の比とする。

・初期消火確率：震度6弱以下 0.67、震度6強 0.3、震度7以上 0.15

・延焼阻止率：延焼阻止率は、参照文献¹¹⁾に記載された神奈川県下の市町村、消防組合区域別の数値から人口規模が同程度の都市の数値を採用して下記とした。

御坊市 : 0.4

和歌山市 : 0.7

b) 火災延焼予測

延焼に関する予測は延焼クラスターという考え方にもとづく方法を用いる。本検討では延焼クラスターを図2.1.9に示す方法で検討する。

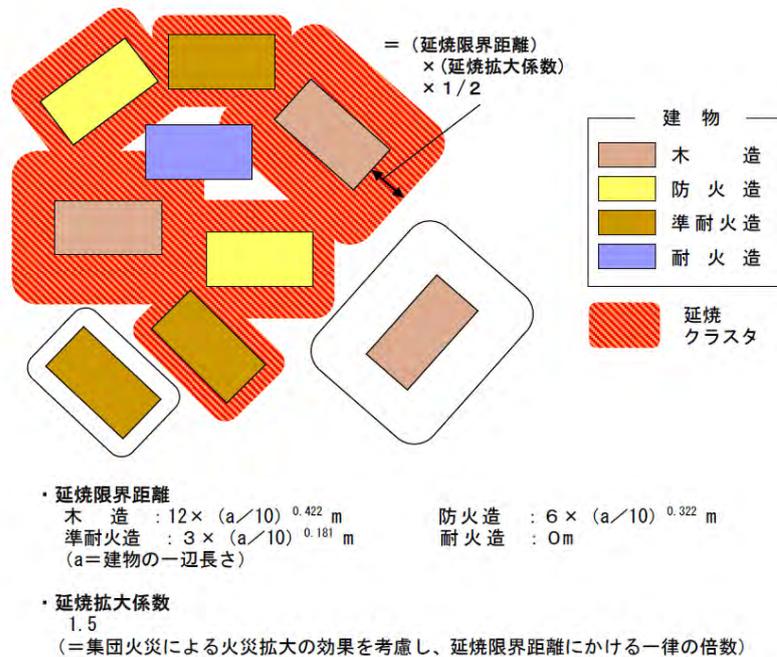


図 2.1.9 延焼クラスタの検討方法¹³⁾

2. 2 ダム流木災害廃棄物量の射影変換を用いた推計

(1) 調査

椿山ダムの空中写真を A0 サイズでプリントアウトした上に、流木に見立てた矩形の図形を配置し、デジタルカメラを利用して、ダム湖面を真上からと斜めから撮影する。今回の実験では、撮影俯角 8.9° 、現地でのスケールで滞留する流木が、 $5,000 \text{ m}^2$ 、 $7,500 \text{ m}^2$ 、 $10,000 \text{ m}^2$ 、 $12,500 \text{ m}^2$ 、 $15,000 \text{ m}^2$ の5つのケースを想定して、ダム湖面を撮影する。

次に、画像変換などに適したグラフィックライブラリである OpenCV と開発ツールである Visual Studio を用いて、射影変換のプログラムを作製する。

射影変換とは、斜めから撮影された画像（斜投影画像）を真上から撮影した画像（直投影画像）に変換する手法である。

平面上にある多角形で、その頂点をカメラで写したとき、実際の点と対応する画像上の点の間には相関関係がある。すなわち、カメラ画像から実際の位置を計算することができる変換のことである。撮影した2つの画像の対応する画像上の点を4点以上、プロットすることで射影変換して、真上から撮影したように変換した画像を出力するプログラムを作成する。

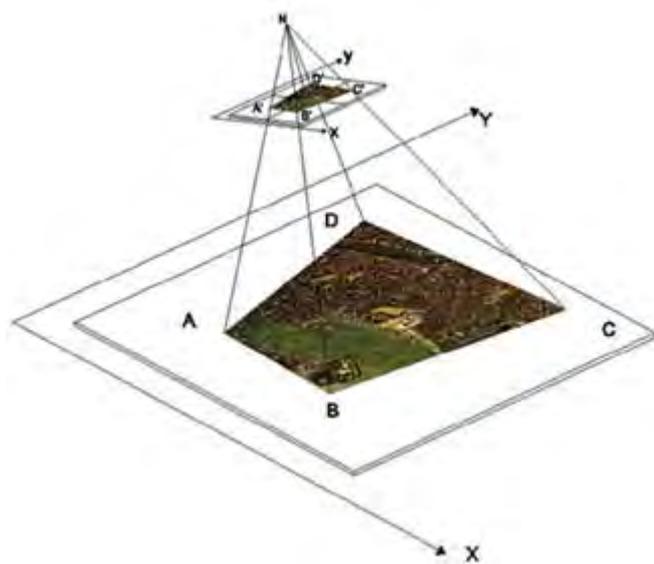


図 2.2.1 射影変換のイメージ

(2) 解析

射影変換した画像を白黒の2値に変換し、流木の部分を白色の画素にする。白色画素をカウントすることにより、流木部分の面積を推計する。射影変換時の精緻度合い（対応する座標プロットの取得数）やダム湖面を撮影する角度を変化させた際の、射影変換に及ぼす影響について考察する。

3 結果

3.1 GISを活用した災害廃棄物量の予測手法

3.1.1 紀伊半島大水害時における災害廃棄物量の再現計算

(1) 日高町における検討

資材ストック量と災害廃棄物の予測値、実績値の比較を表 3.1.1 及び図 3.1.1 に示す。なお、実績値については入手資料に加えて下記の調整を行った。

- ・森林分及び下記の木質系と仮定する漂着物は日高川町が採用している換算値 0.55t/m³で重量換算する。
- ・日高川河口付近美浜町海岸への流木等漂着物 8,300m³を木質系として計上する。
- ・有筋コンクリートの鉄筋 (RC 中 80 kg/m³, RC 単体重量 2.1 t/m³で換算) を計上する。

表 3.1.1 資材ストック量と災害廃棄物量(予測値, 実績値) の比較

(単位:t)

		木質系	その他可燃系	家電系	その他不燃系	コンクリート・モルタル	アスコン	鋼材	混合・その他	計
資材ストック量	建屋上棟部	56,600	0	0	35,883	181,791	0	44,583	25,845	344,702
	建屋基礎部	0	0	0	0	407,911	0	11,333	0	419,244
	耐久消費材等	986	1,969	1,996	391	0	0	0	0	5,343
	道路	0	0	0	0	151,750	508,305	16,828	0	676,883
	流路近傍・土砂災害危険区域立木	9,385	0	0	0	0	0	0	0	9,385
	水辺林	3,506	0	0	0	0	0	0	0	3,506
	計	70,477	1,969	1,996	36,274	741,452	508,305	72,743	25,845	1,459,062
予測廃棄物量	建屋上棟部	1,418	0	0	892	920	0	868	617	4,715
	建屋基礎部	0	0	0	0	428	0	10	0	438
	耐久消費材等	60	119	121	24	0	0	0	0	323
	道路	0	0	0	0	1,921	615	166	0	2,702
	流路近傍・土砂災害危険区域立木	9,385	0	0	0	0	0	0	0	9,385
	水辺林	3,506	0	0	0	0	0	0	0	3,506
	計	14,368	119	121	915	3,270	615	1,044	617	21,069
実績値	10,347	47	67	517	1,114	403	26	212	12,733	

注)実績値には以下のものを含む。

- ・日高川河口付近の海岸への流木等漂着物8,300m³(5.5t/m³で重量換算):4,565 t(木質系として計上)
- ・有筋コンクリートの鉄筋(コンクリート中80 kg/m³,コンクリート2.1 t/m³で換算):26 t

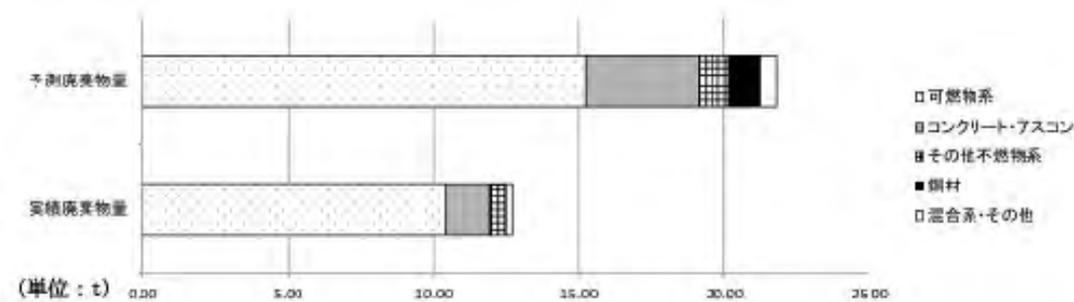


図 3.1.1 予測結果と実績量の比較

各値を見ると鋼材の値以外は差はあるものの桁で違うような大きな差は出ていない。鋼材は有価物として回収されるため実際は廃棄物として計上されないためと考えられる。全体として予測値が実績値に対して大きめに計算されており、地域に存在する資材ストックから種類別の災害廃棄物量を予測することは可能であると考えられる。このとき、災害規模による廃棄物発生量の相違や廃棄物の種類による収集の相違を考慮した係数値を設定することが必要である。この検討では、係数値を設定して実績値と予測値を合わせることはせず、次の課題とすることとした。各区分では以下のとおりである。

a) 木質系

木質系は建物だけでは廃棄物量に達していないので、森林等自然系のストック量を加味する必要があることがわかる。これは対象地域のように土地利用として森林が多いこと、災害規模として大きいことも関連している可能性があるため、都市域での水害についても検証する必要がある。また、比重の軽い木質系は流下して廃棄物として収集されない場合も多いと想定される。この点で予測値が実績より大きくなることは当然であり、本検討で採用している流出率・整備率の考え方に加えて廃棄物収集率(=収集量/発生量)や廃棄物発生率(=発生量/資材ストック量)のような係数値の導入が予測

のために必要と考えられる。また、流木の発生源である森林の資材ストックの算定は、上流端や浸食幅など試算のオーダーであると考えているので、その検討方法の妥当性の検証も必要である。

b) コンクリート、アスコン

コンクリート・モルタルについては、この検討では道路からの発生物が大きな発生要因と見ることができる。ただし、建物の検討ではRC造の建物に対して全壊・半壊を計上しなかったこと、基礎部分は全壊に対してのみ5%の発生があると仮定したために発生量が少なくなっているという計算上の条件によって発生源の構成比が決まっており、この結果が実態としての発生源寄与かどうかは、さらなる検討による検証が必要と考えられる。また、擁壁や道路下部工等の検討で対象としなかった土木構造物もあり、資材ストック量はさらに大きくなる可能性があり、その把握手法の検討も必要である。当該廃棄物についても木質系と同様に廃棄物発生率のような係数値の導入が必要と考えられる。アスコンについては、補修工事に内容がある程度情報として得られたこと、発生源が決まっていることから、他の種類に比べれば比較的精度よく予測できたのではないかと推測される。

c) 耐久消費材等

耐久消費材等の居住者の所有物に起因する廃棄物であるその他の可燃系と家電系については、検討の中では量的に小さく、予測の精度が全体量へ及ぼす影響が少なかった。ただし、環境省の「水害廃棄物対策指針」によれば80%以上の水害における廃棄物発生量は2.0 t/被災棟数となっており、対象水害ほどではない床上、床下浸水が主体の洪水被害での予測には重要な数値となる。また、「水害廃棄物対策指針」で指摘されている不法投棄による廃棄物は当該廃棄物が多いものと推測される。

(2) 新宮市での検討結果

新宮市については、公式な公表されたデータとは整合しないが被災家屋の位置図が整理されている。この資料で、被災住戸の約3/4（約2.2千戸）の建物が地図上で把握できた。このため建物に関する解析は日高川町の解析より精度が高いものと考えられる。この資料による建物データ被災区分（全壊、半壊、床上浸水、床下浸水）を（株）ゼンリンのZMAP-Town IIに属性情報として加えた。位置が把握されていない建物については、同市の集計の4地区に配分した。構造は木造として、木造の平均延べ床面積を建物の延べ床面積とした。

計算は建物と耐久消費財を対象として計算を行った。計算結果として資材ストック量を表3.1.2に、廃棄物量を表3.1.3に示す。実績としては約22千tであった。建物関連では全体に対して50%程度の寄与になっていることになる。

また、既往研究での水害時の発生量原単位として、平山らが回帰分析で全壊12.9 t/世帯、大規模半壊9.8 t/世帯、半壊6.5 t/世帯、一部損壊2.5 t/世帯、床上浸水4.6 t/世帯、床下浸水0.62 t/世帯という数値がある。この数値での予測値としては表3.1.4のとおり、約10千tであり、本研究での数値とほぼ同程度の結果となった。

表 3.1.2 新宮市における建物関連の資材ストック量

建物(t)									
砂利・石材	コンクリート	モルタル	木材	ガラス	陶磁器	鉄	アルミニウム	その他	計
0	351,136	59,861	69,470	4,862	38,112	63,136	2,642	31,279	620,498
138,685	570,833	0	0	0	0	18,135	0	0	727,652
138,685	921,968	59,861	69,470	4,862	38,112	81,270	2,642	31,279	1,348,150
0	118,953	23,596	34,618	2,362	18,903	23,872	1,212	15,346	238,862
56,961	241,973	0	0	0	0	7,208	0	0	306,143
56,961	360,926	23,596	34,618	2,362	18,903	31,080	1,212	15,346	545,005
0	9,424	4,148	3,170	249	1,533	4,084	137	1,624	24,369
6,679	31,242	0	0	0	0	861	0	0	38,782
6,679	40,666	4,148	3,170	249	1,533	4,945	137	1,624	63,151
0	35,207	8,053	13,040	865	7,219	8,212	430	5,571	78,598
20,620	81,781	0	0	0	0	2,385	0	0	104,786
20,620	116,988	8,053	13,040	865	7,219	10,597	430	5,571	183,384
0	514,720	95,658	120,298	8,339	65,767	99,303	4,421	53,820	962,326
222,945	925,829	0	0	0	0	28,589	0	0	1,177,363
222,945	1,440,549	95,658	120,298	8,339	65,767	127,892	4,421	53,820	2,139,689

耐久消費財等						合計
可燃	不燃	冷蔵庫	廃家電	畳	計	
3,479	832	1,034	3,445	3,110	11,900	632,398
0	0	0	0	0	0	727,652
3,479	832	1,034	3,445	3,110	11,900	1,360,050
1,239	296	368	1,227	1,108	4,237	243,099
0	0	0	0	0	0	306,143
1,239	296	368	1,227	1,108	4,237	549,242
120	29	36	119	107	410	24,778
0	0	0	0	0	0	38,782
120	29	36	119	107	410	63,560
401	96	119	397	359	1,373	79,971
0	0	0	0	0	0	104,786
401	96	119	397	359	1,373	184,757
5,239	1,253	1,556	5,187	4,684	17,920	980,246
0	0	0	0	0	0	1,177,363
5,239	1,253	1,556	5,187	4,684	17,920	2,157,609

表 3.1.3 新宮市における紀伊大水害における建物被害による災害廃棄物量の予測結果

		建物(t)									
		砂利・石材	コンクリート	モルタル	木材	ガラス	陶磁器	鉄	アルミニウム	その他	計
旧市内	上棟部	0	64	163	949	56	551	154	23	356	2,315
	基礎部	2	7	0	0	0	0	0	0	0	10
	計	2	70	163	949	56	551	154	23	356	2,325
三輪崎・佐野・木ノ川・蜂伏	上棟部	0	231	39	273	16	160	37	7	103	866
	基礎部	5	13	0	0	0	0	0	0	0	18
	計	5	244	39	273	16	160	37	7	103	884
高田・相賀・椋枝	上棟部	0	0	71	321	19	184	65	8	124	792
	基礎部	26	89	0	0	0	0	2	0	0	116
	計	26	89	71	321	19	184	67	8	124	908
熊野川	上棟部	0	0	357	1,862	111	1,071	323	46	711	4,481
	基礎部	84	315	0	0	0	0	7	0	0	407
	計	84	315	357	1,862	111	1,071	330	46	711	4,888
合計	上棟部	0	295	629	3,405	202	1,966	578	85	1,294	8,454
	基礎部	117	424	0	0	0	0	10	0	0	551
	計	117	718	629	3,405	202	1,966	588	85	1,294	9,005

		耐久消費財等(t)						合計
		可燃	不燃	冷蔵庫	廃家電	畳	計	
旧市内	上棟部	326	78	97	323	291	1,115	3,430
	基礎部	0	0	0	0	0	0	10
	計	326	78	97	323	291	1,115	3,439
三輪崎・佐野・木ノ川・蜂伏	上棟部	52	12	15	51	46	178	1,044
	基礎部	0	0	0	0	0	0	18
	計	52	12	15	51	46	178	1,062
高田・相賀・椋枝	上棟部	14	3	4	14	13	49	841
	基礎部	0	0	0	0	0	0	116
	計	14	3	4	14	13	49	957
熊野川	上棟部	72	17	22	72	65	248	4,729
	基礎部	0	0	0	0	0	0	407
	計	72	17	22	72	65	248	5,136
合計	上棟部	465	111	138	460	415	1,589	10,043
	基礎部	0	0	0	0	0	0	551
	計	465	111	138	460	415	1,589	10,594

表 3.1.4 既往文献¹⁴⁾の原単位での予測結果

地域区分	廃棄物量(t)
旧市内	6,463
三輪崎・佐野・木ノ川・蜂伏	1,056
高田・相賀・椋枝	445
熊野川	2,093
計	10,057

3. 1. 2 南海地震を想定した災害廃棄物量の地域別・種類別の予測

(1) 被災棟数及び延べ床面積

検討の結果得られた被災棟数、延べ床面積及び世帯当たり平均人員で求めた関連事項は町丁字別に表 3.1.1~3 に示すとおりである。

御坊市内の全建物に対して棟数で約 65%の建物が全壊または半壊の被害を受けることになる。延べ床面積はやや低く 57%程度となっている。また、人口では、棟数とほぼ同様の被災率となる。

表 3.1.1 被災棟数の予測結果

棟数	全体	震動倒壊	津波倒壊		液化化倒壊	火災消失	土砂災害倒壊
			全壊	半壊			
菺	1,685	282	598	256	272	271	0
島	1,401	227	248	534	211	174	0
御坊	346	41	158	11	59	90	0
名屋	59	7	26	0	10	8	0
名屋町1丁目	87	10	45	0	14	17	0
名屋町2丁目	19	0	7	0	4	0	0
名屋町3丁目	57	3	24	2	11	1	0
湯川町富安	745	78	0	101	118	2	21
荊木	52	7	0	1	8	0	2
湯川町丸山	290	40	0	71	45	0	7
湯川町小松原	608	63	0	52	101	1	1
湯川町財部	1,039	145	0	353	168	1	0
藤田町吉田	961	125	0	35	154	2	5
藤田町藤井	358	46	0	39	57	4	0
野口	402	45	0	47	68	1	1
熊野	143	11	2	11	25	0	6
岩内	209	27	16	16	33	0	0
塩屋町北塩屋	619	74	147	30	98	6	6
塩屋町南塩屋	456	65	108	106	70	7	1
名田町野島	328	24	19	43	51	2	1
名田町上野	266	0	41	39	41	4	1
名田町楠井	269	4	40	8	40	2	0
明神川	53	1	0	0	10	0	3
計	10,452	1,326	1,480	1,755	1,666	594	54
							6,874

表 3.1.2 被災延べ床面積の予測結果

延べ床面積	全体	震動倒壊	津波倒壊		液化化倒壊	火災消失	土砂災害倒壊
			全壊	半壊			
菺	325,747	47,486	86,572	75,448	51,673	43,051	0
島	268,568	33,413	37,221	111,347	40,107	25,915	0
御坊	65,384	6,102	24,845	2,871	11,041	16,638	0
名屋	15,656	956	3,237	0	3,073	1,058	0
名屋町1丁目	13,401	1,143	5,926	41	2,299	2,501	0
名屋町2丁目	5,290	46	927	0	1,203	3	0
名屋町3丁目	16,462	466	4,101	624	3,322	432	0
湯川町富安	142,134	12,760	0	16,812	22,464	324	3,459
荊木	9,991	1,098	0	304	1,731	11	298
湯川町丸山	53,400	5,591	26	11,749	8,544	69	1,511
湯川町小松原	144,951	10,296	0	8,543	22,038	275	129
湯川町財部	268,196	29,154	79	96,623	40,067	270	0
藤田町吉田	175,974	17,267	22	5,257	30,181	271	722
藤田町藤井	74,659	6,751	0	5,120	12,971	878	0
野口	104,499	8,162	12	15,236	19,286	145	135
熊野	43,166	2,408	337	2,949	7,803	11	1,871
岩内	38,483	4,050	2,104	3,236	6,073	28	0
塩屋町北塩屋	170,400	12,894	23,369	7,771	28,376	1,026	1,505
塩屋町南塩屋	108,727	10,827	18,080	19,285	18,445	1,187	198
名田町野島	96,715	4,213	2,861	10,389	13,492	418	222
名田町上野	77,731	16	6,271	6,797	14,206	686	317
名田町楠井	50,898	473	4,542	1,727	7,894	346	0
明神川	18,006	320	0	0	3,537	5	922
計	2,288,437	215,894	220,531	402,130	369,828	95,549	11,286
							1,315,218

表 2.1.3 被災建物関連の被災人口の予測結果

人口	全人口	震動倒壊	津波倒壊		液化化倒壊	火災消失	土砂災害倒壊
			全壊	半壊			
菺	3,523	726	1,178	159	539	600	0
島	3,391	605	562	558	468	425	0
御坊	708	106	287	7	110	186	0
名屋	97	14	43	0	15	14	0
名屋町1丁目	149	18	69	0	24	28	0
名屋町2丁目	23	2	10	0	4	0	0
名屋町3丁目	96	8	29	1	18	1	0
湯川町富安	1,999	224	0	91	312	5	6
荊木	147	20	0	2	23	0	0
湯川町丸山	723	105	1	47	112	1	3
湯川町小松原	1,366	171	0	42	222	4	0
湯川町財部	2,674	449	1	390	399	4	0
藤田町吉田	2,805	377	0	26	440	5	2
藤田町藤井	928	129	0	37	146	13	0
野口	1,062	152	0	39	163	2	0
熊野	334	28	4	7	57	0	1
岩内	520	66	29	16	83	0	0
塩屋町北塩屋	1,402	175	280	23	216	13	1
塩屋町南塩屋	1,108	164	225	94	167	17	0
名田町野島	1,567	116	68	33	224	10	0
名田町上野	684	0	103	35	101	12	0
名田町楠井	673	7	67	7	97	5	0
明神川	132	3	0	0	25	0	1
計	26,111	3,665	2,956	1,614	3,964	1,347	15
							13,560

(2) 火災焼失における延焼予測

火災焼失の予測について延焼予測では、延焼クラスターの考え方で予測を行った。延焼クラスターとは、消火活動がなかった場合にクラスター内の家屋で火災が発生した場合に全家屋が延焼によって焼失するグループである。

御坊市に検討において把握された最大の延焼クラスターを図 3.1.2 に示す。位置的には御坊市の旧市街地の住宅・商店の密集地区に位置している。棟数約 2 千棟、延べ床面積で約 333 千 m² となり、御坊市全体の棟数で約 20%、延べ床面積で約 15%となる。

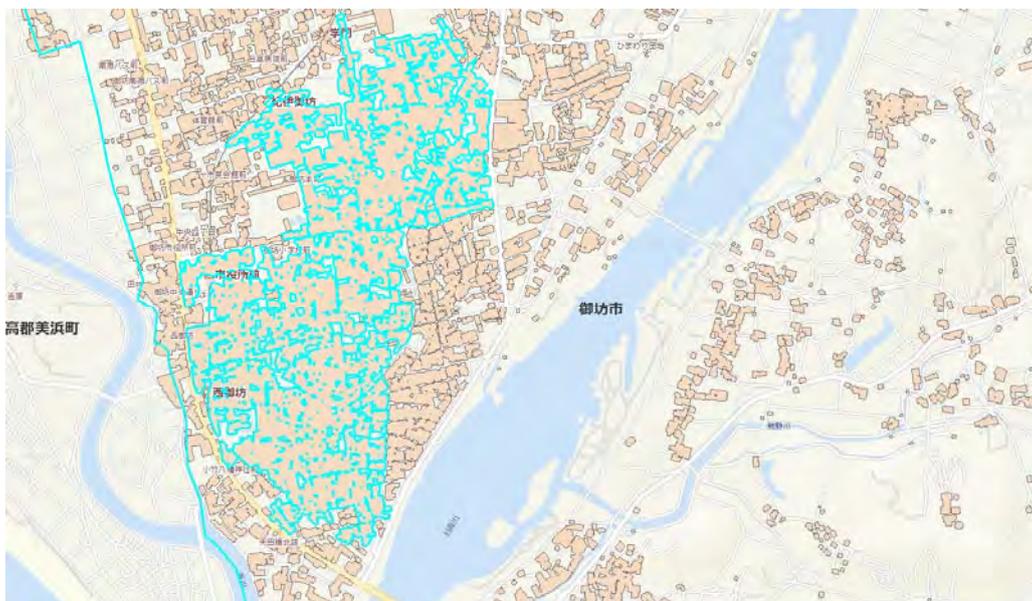


図 3.1.2 予測された御坊市最大の延焼クラスターの範囲

(4) 災害廃棄物発生量（御坊市）

資材ストック量及びその量にもとづく災害廃棄物量の予測結果は表 3.1.4 に示すとおりである。

表 3.1.4 御坊市での建物による資材ストック量と災害廃棄物予測結果

		砂利・石材	コンクリート	モルタル	木材	ガラス	陶磁器	鉄	アルミニウム	その他	
ストック量	上棟部	0	393,003	125,738	108,942	8,191	55,436	126,807	4,478	52,988	
	基礎部	227,786	1,000,738	0	0	0	0	28,882	0	0	
	計	227,786	1,393,741	125,738	108,942	8,191	55,436	155,689	4,478	52,988	
廃棄物	全壊	上棟部	0	94,952	37,142	45,838	3,175	24,454	37,215	1,601	20,424
		基礎部	78,065	317,838	0	0	0	0	8,767	0	0
		計	78,065	412,790	37,142	45,838	3,175	24,454	45,982	1,601	20,424
	半壊	上棟部	0	38,942	12,785	8,313	667	4,065	13,069	386	4,282
		基礎部	21,284	93,070	0	0	0	0	2,744	0	0
		計	21,284	132,012	12,785	8,313	667	4,065	15,813	386	4,282
	火災	上棟部	0	4,987	4,360	22	379	2,875	4,526	186	2,003
		基礎部	9,045	34,331	0	0	0	0	927	0	0
		計	9,045	39,318	4,360	22	379	2,875	5,453	186	2,003
廃棄物 計		108,394	584,121	54,288	54,172	4,221	31,394	67,248	2,173	26,708	

表 3.1.4 の値は基礎部分も含めた計算としている。「3.1.1 紀伊半島大水害時における災害廃棄物量の再現計算」で述べたとおり、災害廃棄物として排出される資材は上棟部が大部分になり、基礎部分については排出されるのはごく一部となる可能性が高い。ただし、災害復旧において時間経過とともに建物の改築が進めば基礎部分の撤去があり得るので、潜在量として計算結果に示した。

災害廃棄物量は、建物の棟数での被災比率が約 65%であったのに対して、資材ストック量に対して約 45%であり、これは被災が資材ストックの少ない木造家屋に多いことによるものと考えられる。

(5) 災害廃棄物発生量（和歌山市）

計算経過の説明は省略したが、和歌山市での計算結果を表 3.1.5 及び 3.1.6 に示す。

表 3.1.5 和歌山市での建物被害の予測結果

項目	単位	全体	被災家屋					
			震動倒壊	津波倒壊		液状化倒壊	火災消失	土砂災害倒壊
				全壊	半壊			
棟数	棟	137,596	3,118	4,893	23,539	21,835	7,998	422
延べ床面積	m ²	26,782,247	456,283	829,952	4,699,397	3,934,018	1,073,374	72,882

表 3.1.6 和歌山市での建物による資材ストック量と災害廃棄物予測結果

		(単位：t)									
		砂利・石材	コンクリート	モルタル	木材	ガラス	陶磁器	鉄	アルミニウム	その他	
ストック	上棟部分	0	8,200,420	1,438,608	1,142,505	87,923	595,341	1,509,021	52,048	571,371	
	基礎部分	2,826,215	12,552,178	0	0	0	0	404,784	0	0	
	計	2,826,215	20,752,598	1,438,608	1,142,505	87,923	595,341	1,913,805	52,048	571,371	
廃棄物量	全壊	上棟部分	0	411,451	314,754	257,945	19,381	128,483	314,322	10,208	124,481
		基礎部分	530,459	2,221,667	0	0	0	0	58,530	0	0
	半壊	上棟部分	0	628,490	138,594	96,142	7,661	48,240	143,573	4,552	49,774
		基礎部分	248,902	1,115,387	0	0	0	0	34,729	0	0
	火災	上棟部分	0	94,800	38,390	266	4,395	36,533	40,175	2,110	23,325
		基礎部分	98,922	364,997	0	0	0	0	10,333	0	0
	計	上棟部分	0	1,134,741	491,738	354,354	31,436	213,256	493,069	16,870	197,580
		基礎部分	878,283	3,702,050	0	0	0	0	103,593	0	0
	廃棄物 計		878,283	4,836,791	491,738	354,354	31,436	213,256	601,662	16,870	197,580

和歌山市では建物の棟数の比で約 45%、延べ床面積に比で約 41%の建物に被害が発生している。一方、災害廃棄物量は資材ストック量に対して約 26%であり、階数が低く、構造的に弱い木造での被害の集中が推される結果となった。

3. 2 ダム流木災害廃棄物量の射影変換を用いた推計

(1) 射影変換の精度が推計に及ぼす影響

射影変換では、撮影した 2 つの画像の対応する画像上の点を 4 点以上、プロットし、その座標間の相関関係をもとに射影変換を行う (図 3.2.1 の赤い点)。

その際、プロット数の違いが推計にどのくらい影響するかを検討する。今回の実験では、撮影俯角 8.9°、現地でのスケールで滞留する流木が 10,000 m²と想定し、ダム湖面を撮影した。



図 3.2.1 直投影画像

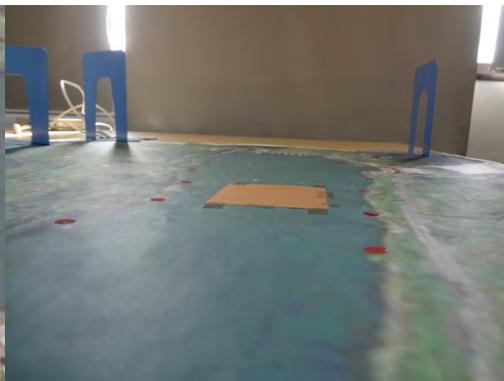


図 3.2.2 斜投影画像

図 3.2.1 では合計 8 個の点をプロットしているが、このうち、いくつの点を対応付けるか、対応付ける点の数を 4 から徐々に増やすことによって、画素数の推計にどのような影響が及ぼされるかについて考察する。図 3.2.3 は、対応づける点の数を変化させて射影変換させた際の写真である。

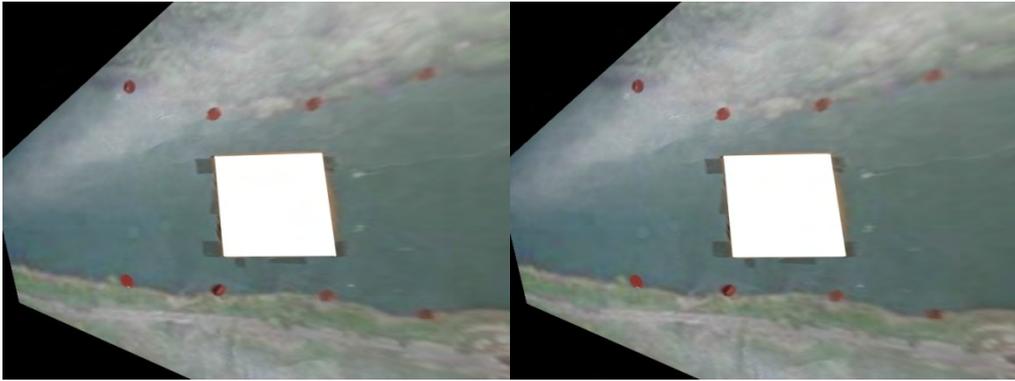


図 3.2.3 (a) プロット数 4 個

図 3.2.3 (b) プロット数 5 個

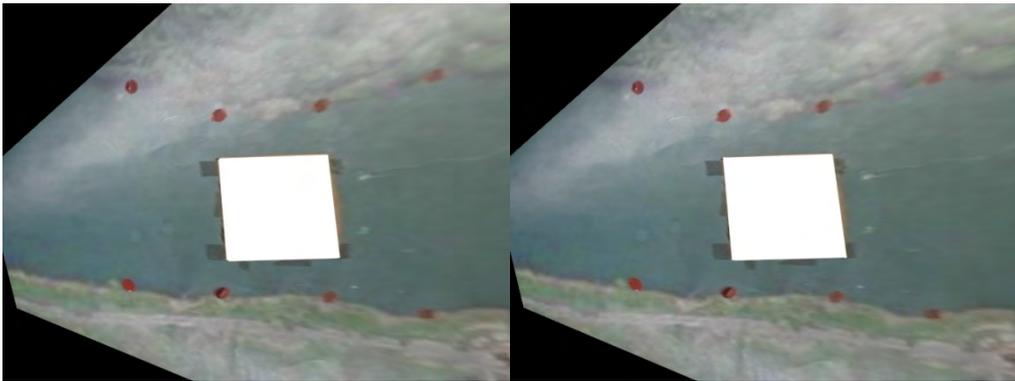


図 3.2.3 (c) プロット数 6 個

図 3.2.3 (d) プロット数 7 個

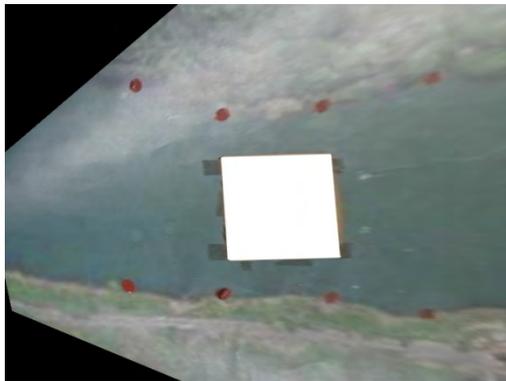


図 3.2.3 (e) プロット数 8 個

これら上図の白色画素のカウントをし、真上から撮影したときの滞留する流木量との比をグラフ化したものが図 3.2-4 である。

図 3.2.4 のグラフの横軸はプロット数、縦軸は真上から撮影した画像との画素比を表している。画素比の値が大きいほど誤差が小さいことを示している。

画素比はそれぞれプロット数の少ない方から順に、0.940、0.947、0.971、0.976、0.979 であった。プロット数に関わらず、誤差がほぼ 6%以内であり、高い再現性を示しているといえる。

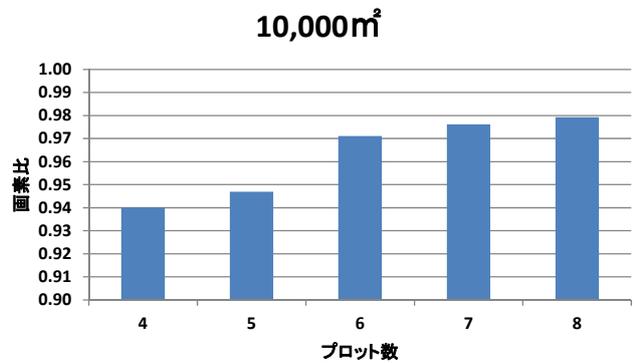


図 3.2.4 流木量 10,000 m³ プロット数別画素比

図 3.2-5 は、流木量 10,000 m²の画像における対応づける点の数を変え射影変換したときの輪郭を表したグラフである。対応する点の数を増やすと、少しずつ、歪みが是正される様子が示されている。

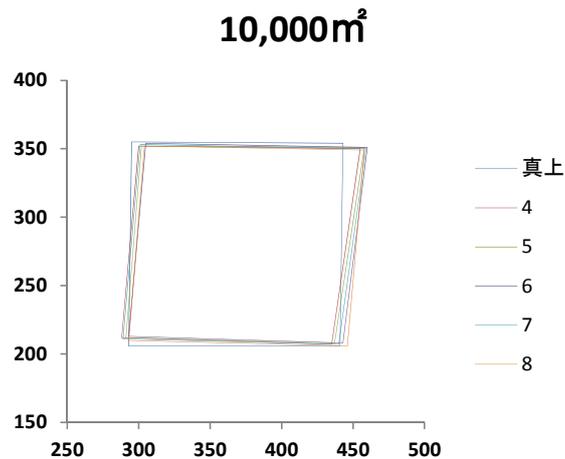


図 3.2.5 流木量 10000 m² プロット数別輪郭

(2) 撮影角度が推計に及ぼす影響

撮影可能な湖岸位置は通常、湖面よりも上位にある。湖面は水量、水深により上下するため、湖面を撮影する角度が変化し、それが射影変換に影響を及ぼすのではないかと懸念される。ダム湖面を撮影する位置を、図 3.2.6 に示す等高線図を利用し、周辺の地形を考慮しながら、表 3.2.1 に示すデータをもとに、撮影可能な位置を検討した。

今回の実験では、現在、定点観測カメラを設置している地点から対象物までの角度である 8.9°、10.0°、12.5°、15.0°、17.5°、20.0° の 6 つのケースを現地でのスケールで滞留する流木が同じく 10,000 m²あると想定し撮影した。

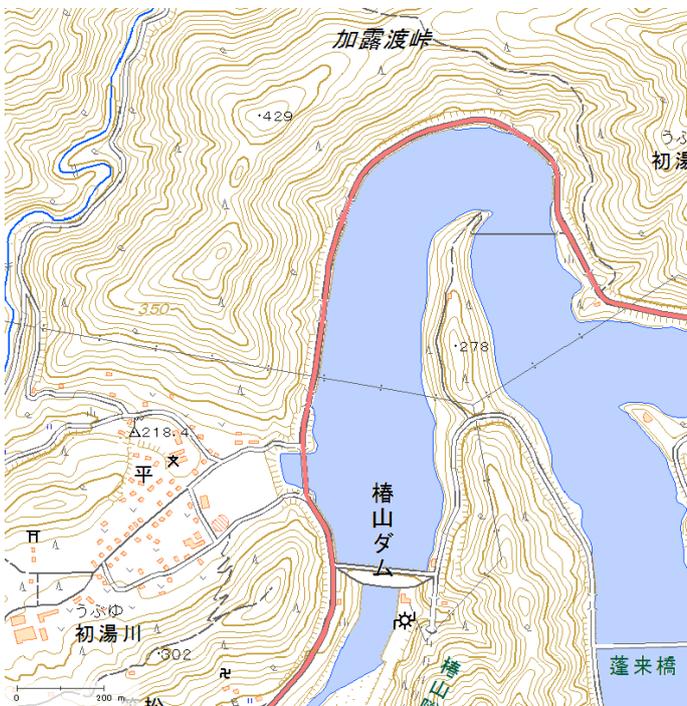


図 3-2-6 等高線図

表 3.2.1 等高線図から読み取ったデータ

湖面からの高さ (m)	流木からの距離 (m)	角度 (°)
70	382	10.4
80	391	11.6
90	395	12.8
100	409	13.7
110	423	14.6
120	436	15.4
130	450	16.1
140	464	16.8
150	477	17.4
160	491	18.1
170	509	18.5
180	527	18.8
190	555	18.9
200	577	19.1

これをもとに、撮影角度を変化させて撮影した画像を射影変換し、推計に及ぼす影響を考察する。グラフの横軸はプロット数、縦軸は真上から撮影した画像との画素比を表している。画素比の値が大きいほど誤差が小さいことを示している。誤差が 6~5%以内であり、俯角が大きくなるにつれて、

射影変換における誤差が小さくなっていることが分かる。現在、樺山ダム湖岸に試験設置しているモニタリング用の定点観測カメラから撮影される、湖面の流木に対する俯角は約 8.9° であるので、同程度の誤差に収まるものと推察される。

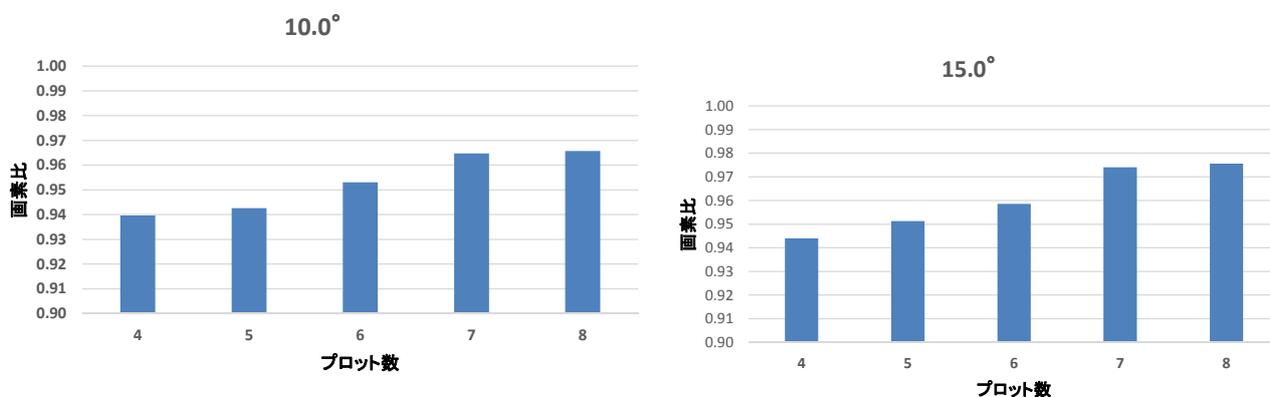


図 3.2.7(a) 撮影俯角 10.0° プロット数別画素比

図 3.2.7(b) 撮影俯角 15.0° プロット数別画素比

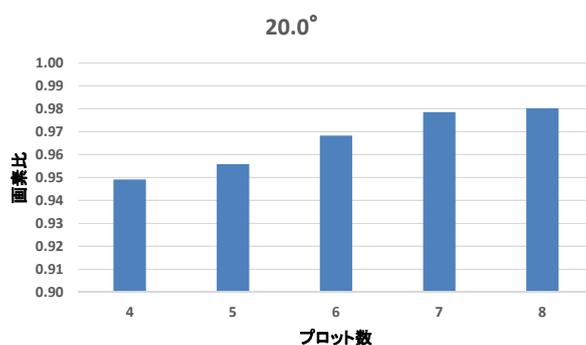


図 3.2.7(c) 撮影俯角 20.0° プロット数別画素比

4 その他

4.1 結果の概要

(1) GIS を活用した災害廃棄物量の予測手法

① 紀伊大水害における災害廃棄物の再現計算

検討では、災害廃棄物に発生要因となると考えられる資材をストックする建物、耐久消費材等、道路、森林について資材ストック量を把握するとともに、実際の災害の被災状況を考慮して災害廃棄物を仮に予測して、その整合性と相違について考察した。本研究で対象とした建物、耐久消費材等、道路、森林の資材ストック量は、水害被害による災害廃棄物量の総量を把握するための基礎資料として利用可能と考えられる。

② 南海地震を想定した災害廃棄物量の地域別・種類別の予測

検討では建物被害に対して GIS を活用して地域別・種類別の災害廃棄物の計算を行った。既往研究で設定されている建物における資材ストック原単位を用いることと、公的に公開されている GIS データと比較的安価に購入できる建物情報に関する GIS データを組み合わせることで予測システムの構築が可能であることがわかった。

(2) ダム流木災害廃棄物量の射影変換を用いた推計

検討では、斜投影画像を射影変換する手法の開発を行い、次に室内実験によりダム湖面の流木に見立てた矩形の図形を、斜めから撮影した画像に対して射影変換を行って面積の推計を行い、もとの直投影の図形に対する再現性の評価を行った。

まず、射影変換を行う際の精度(対応する点のプロット数の多少)が推計に及ぼす影響を考察した。射影変換では、撮影した2つの画像の対応する画像上の点を4点以上プロットし、その座標間の相関関係をもとに射影変換を行う。点の数が多いほど精度が高まるがその分、作業に時間を費やすことになる。対応づける点の数を4~8まで変化させた際、射影変換された流木部分(矩形)のもとの直投影画像に対する画素比は94~98%の範囲内に収まった。プロット数に関わらず、誤差がほぼ6%以内であり、高い再現性を示しているといえる。また対応する点の数を増やすと、少しずつ、歪みが是正されることが分かった。

次に、撮影角度が射影変換に及ぼす影響について考察した。現地調査では、ダム湖面から流木を撮影する俯角は約9°程度であった。そこで、10°、15°、20°と撮影する角度を変化させて推計に及ぼす影響を観察すると、いずれも誤差が6~5%以内で、誤差は一定の範囲に収まっており、俯角が大きくなるにつれて、射影変換における誤差が小さくなっていることが分かった。

4. 2 今後の課題

(1) GISを活用した災害廃棄物量の予測手法

活用が想定される事前または発災直後の被災情報による予測として資材ストック量を利用するには以下のような課題が挙げられる。このため、他の事例の検証等を行い、予測手法として確立していく必要がある。

木質系の発生要因としては、建物によるもののほか、森林等自然起因の発生源を考慮しないと全体量の把握ができないと考えられる。ただし、数値の予測に際しては本研究で対象とした森林の多い地域、大規模な災害という状況の影響を考慮する必要がある。さらに資材ストック量から収集される廃棄物への転換率について検討する必要がある。

コンクリートの予測は限定的な発生源の設定ではあったが、実績値を上回る発生量が予測された。本研究で対象としない建造物の把握方法を検討して対象内とする必要がある。また、損壊したとしても廃棄物として排出されない場合も想定されるので、木質系と同様に資材ストック量に対して収集される廃棄物への転換率の検討が必要である。

耐久消費材等については、対象とする項目が多く、ここには検証が難しかった。ただし、冷蔵庫の予測と実態を比較すると不法投棄または把握できていない保有があることが推測された。

森林でのストック量は、本研究では砂防事業で利用されている流木量算定方法を利用したが、水路上流端の設定や浸食幅の設定等試算のオーダーで、GISを活用する方法の精度向上を図る必要がある。

また、本研究で達成できた予測手法を活用して、次の段階として県内全体での発生量を予測すること、想定できる災害規模を任意に入力して予測する手法を継続的に検討する必要がある。その次の段階として、災害廃棄物の効率的で迅速な処理・リサイクル手法の計画手法の確立に向けた研究が必要となり、研究を継続する予定である。

(2) ダム流木災害廃棄物量の射影変換を用いた推計

現在、平成26年11月から、日高川振興局椿山ダム管理事務所の協力を得て、椿山ダム湖畔道路に設置したインターバルカメラによる定点観測を行っており、ダム湖面から流木の斜投影画像の取得を行っている。今後は、実際のダム流木画像の射影変換をもとに、射影変換の再現性評価を実施する予定である。

また、現在は、射影変換において、手動で2画像(斜投影、直投影)の対応する点をクリックし、homographyによる変換を行っているが、これを自動化する手法の開発に取り組むことが課題である。具体的には、同じアングルでとった昼・夜(ライトアップ)の画像から、対応する点を自動的に読み

取り、変換するプログラムを開発し、実装を行うことが課題である。



図 4.2.1 樺山ダム湖岸に設置している定点観測カメラ

【参考文献】

- 1) 谷川寛樹・平川隆之・韓驥等：東日本大震災の被災地域に存在した建築物・インフラストラクチャーの物質ストックの推計，第 39 回環境システム研究発表会講演集 pp. 401-406, 2011
- 2) (社)日本道路協会：舗装設計便覧，p. 82, 77, 2006
- 3) 昭和コンクリート(株)：製品情報・けた橋げた，<http://www.showa-con.co.jp/cms/site/d.php?v=detail&p=detail&id=a059040eceb31b66d80650b2f4383c01> (2015.3 閲覧)
- 4) 宮城県：土木設計施工マニュアル（砂防編）・土石流・流木対策計画，p. II -2-2，<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/jigyokanri/18index.html> (2015.2 閲覧)
- 5) 宮城県：土木設計施工マニュアル（砂防編）・巻末資料，pp. 巻末 -6-12，<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/jigyokanri/18index.html> (2015.2 閲覧)
- 6) 靄巻峰夫・瀬野直人・中田泰輔：日高川下流河畔林への樺山ダムによる影響について，第 37 回環境システム研究論文発表会講演集，pp. 13--20, 2009
- 7) 靄巻峰夫，遠山貴之，相崎優子，中田泰輔，瀬野直人：和歌山県中部の日高川における水辺林の回復について，第 41 回環境システム研究論文発表会講演集，pp. 379--384, 2013
- 8) 小見康夫・栗田紀之：長寿命化トレンドを考慮した建物残存率のシミュレーション 建物の長寿命化トレンドにおける建材のストック/排出量の算出手法に関する研究（その 1），日本建築学会計画系論文集第 75 巻第 656 号，pp. 2459-2465. 2010 年 10 月
- 9) 内閣府：南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要
- 10) 中央防災会議「東南海，南海地震等に関する専門調査会」中部圏・近畿圏の内陸地震に係る被害想定手法(案)について～基本災害～ 平成 19 年 11 月 1 日公表
- 11) 地震被害想定調査（神奈川県）・第 5 章火災による被害
- 12) 川崎市地震被害想定調査報告書（平成 25 年 3 月）
- 13) 火災予防審議会地震対策部会答申書(第 19 期)減災目標を達成するため木造住宅密集地域において緊急に実施すべき震災対策（東京消防庁）
- 14) 平山修久，河田恵昭：水害時における行政の初動対応からみた災害廃棄物量の推定方法に関する研究，環境システム研究論文集，Vol. 33, pp. 29-36, 2005