平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震に伴う津波による水門・樋門と排水機場の被災状況

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所 公開日: 2025-12-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 丹治, 肇, 桐, 博英, 田中, 良和, 人見, 忠良, 堀川, 直紀 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002001454

〔農工研技報 213
255～268，2012〕

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴う津波による水門・樋門と排水機場の被災状況

丹治　肇 *・桐　博英 *・田中良和 *・人見忠良 *・堀川直紀 *

目　次

Ⅰ　緒　言 ……… 255
Ⅱ　調査対象 ……… 255
Ⅲ　調査結果 ……… 255
　1　ゲートの種類 ……… 255
　2　被災類型 ……… 256
　3　被災の特徴のとりまとめ ……… 259
Ⅳ　考　察 ……… 260
　1　防潮水門・樋門 ……… 260
　2　排水機場 ……… 260
　3　今後の課題 ……… 261
Ⅴ　結　言 ……… 261
参考文献 ……… 261
Appendix ……… 262
Summary ……… 268

Ⅰ　緒　言

3 月 11 日の東日本大震災の津波で沿岸地域は大きな被災を受けた。堤防の安全性対策については，既に東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会で検討されている。しかし，ここで検討されている事例は大きなものに限定され，本論文の検討水門・樋門との重複は野蒜水門と新浜水門だけである。このように水門，排水機場の検討は，行われているものの，堤防に比べると少ない。ここでは，水門・樋門と排水機場の被災事例を取りまとめて今後の防災対策の参考にすることを目的とする。

Ⅱ　調査対象

被災地域の現地調査を 3 月 18 ～ 20 日，4 月 6 ～ 9 日，4 月 26 ～ 27 日，5 月 24 日，6 月 8 ～ 10 日，7 月 8 日，8 月 27 ～ 31 日，11 月 8 日に行っている。当初の現地調査は，主に海岸堤防の被災状況の調査が目的であった。仙台湾周辺では，津波の浸水の除去が重要な課題であり，排水対策に対する協力依頼が多かった。このため，6 月 8 ～ 10 日の調査は，排水機場と防潮樋門に集中した。

調査対象のうち，大水門（大型水門），小水門（小型水門），排水機場付設の水門と排水機場の被災を取りまとめた。**Appendix 1** に調査した大水門と小水門を示す。欄 TL は本論文で使う調査対象のコード番号を示す。L が大水門，S が小水門である。**Appendix 2** に調査した排水機場付設の水門を示す。ここでは，TL は排水機場を示すコードである。P18 の大堀，P21 の閖上，P24 の筋曽根排水機場では 2 種類の水門があったので，同一の排水機場コードに 2 種類のゲートが掲載されている。排水事項によっては，複数箇所の水門を有する場合がある。そのような場合には，ここでは，外水位に対して排水する位置にある水門を対象とした。**Appendix 3** に調査対象の排水機場を示す。これは，**Appendix 2** から，6 月 8 ～ 10 日に集中調査した地区を抽出した。

Ⅲ　調査結果

1　ゲートの種類

ゲートの種類は扉が引き戸タイプとドアタイプに分かれる。引き戸タイプの場合，扉の移動時の摩擦を小さくするために，戸渡りにローラーを介したものは，ローラーゲートと呼ばれ，ローラーのないものはスライドゲートまたはスルースゲートと呼ばれる。この差は戸渡りの部分にあるので，外見では区別は難しい。基本的にはローラーゲートが多く，規模が小さくコストダウンを優先する場合には，スルースゲートになる。とはいえ，灌漑用水に比べると，排水の水門は大きく，ほとんどがローラーゲートである。また，写真だけでは厳密に区別することはできない。ここでは，便宜上引き戸方式でワイヤーなどで操作する大型水門をローラーとし，小型の水門はスライドゲートとした。

ドア方式のヒンジがあるゲートは，観音開きのように左右ゲートが開く場合をマイターゲート，扉が 1 枚で，ヒンジが上にあって上下に動くものをフラップゲートという。数の上ではマイターゲートが多い。被災の実態か

** 水利工学研究領域
平成 23 年 12 月 14 日受理
キーワード：津波，排水機場，水門，東日本大震災

ら，マイターゲートとフラップゲートに差異がなかったので，この 2 つはマイターゲートで代表させた。スライドゲートは，稼働方式に **Fig.1** に示すスピンドルとラックがある。

ラック式開閉装置　　　スピンドル式開閉装置

Fig. 1　スルースゲートの開閉装置
Open-close mechanics of sluice gates

Table 1　排水機場と水門の被災レベル
Damage levels of DPS (Drainage Pumping Stations) and gates

	状況	説明
排水機場	1	建屋がなくなる
	2	窓が壊れる
	3	浸水のみ
大水門	1	ゲート扉の流出
	2	ゲート扉の変形
	3	浸水，階段の損傷
	4	損傷なし
小水門	1	ゲート扉の流出
	2	損傷で開閉不能になる
	3	巻上機故障，閉鎖のみ可能， 損傷はあるが稼働する
	4	損傷なし

Fig. 2　排水機場のレベル 1 の損傷（二郷堀排水機場）
Level 1 damages of pumping stations
(Nigouhori DPS(Drainage Pumping Station))

Fig. 3　排水機場のレベル 2 の損傷（牛橋排水機場）
Level 2 damages of pumping stations (Ushubashi DPS)

Fig. 4　排水機場のレベル 3 の損傷（下街道排水機場）
Level 3 damages of pumping stations (Shimokaidou DPS)

2　被災類型

実際の被災状況をもとに被災のレベル設定を行なった。**Table 1** に排水機場と水門の被災レベルとその説明を示す。排水機場付設の水門は **Table 1** では小水門に相当する。以下，被災写真により，レベル設定の補足説明を行う。

排水機場で最大のレベル 1 の被災は，**Fig.2** のように建屋はなくなった場合である。骨組みのみが残った場合もこれに分類する。**Fig.3** のレベル 2 の被災は窓ガラスが割れ，あるいは，窓枠がなくなった場合である。レベル 2 では，窓枠の壊れ方，瓦礫の侵入に幅がある。**Fig.4** のレベル 3 は窓ガラスが残った場合で，建屋の外見では被害が判別できないが，海水の浸水によりポンプが稼働しなくなった場合である。

大水門のレベル 1 の被災は，水門が流出した場合で，事例は **Fig.5** の摂待水門だけである。大水門の扉は強度が高く，変形することはまれである。**Fig.6** は，貞山掘水門であるが，中央の扉が右上方向に傾いている。これは，津波の遡上を受けて扉が上向きの力を受け，食い込んだ状態である。このように扉の変形または同等の外力による損傷が生じた場合をレベル 2 とした。レベル 3 は **Fig.7** のように扉に変形のない場合である。

小水門についても，大水門同様に水門の流出をレベル

1 にした。小水門には厳密な流出事例はないが, **Fig.8** は, 水門に接続する暗渠が破壊されているので，この場合をレベル 1 に相当するとした。**Fig.9**，**10** はゲートの開閉ができないレベル 2 の損傷である。**Fig.9** のスピンドルの被災では，スピンドルが変形してゲートの操作ができなくなっている。**Fig.10** はラック式のゲートの被災で，ゲート扉が変形している。**Fig.11** のラック式ゲートの場合でも，スピンドル式と同様にこのままでは，ゲートは操作できない。しかし，ラック式の場合，変形部分より下で，ラックを切断することは比較的容易である。この措置を行えば，少なくともゲートを全閉にすることは可能である。また，チェーンブロックを使い，切断した部分のラックにフックをつけて，手動で引き上げることも可能である。こうした措置は，スピンドル型でも不可能ではないが，工程や時間がかかる。ゲートメーカーへの聞き取りによると，ラック式とスピンドル式を比較すると故障時や緊急時の対応には差があると考えることが常識になっているようなので，ここでは，その違いを反映させ，ラック式で，ゲート扉に損傷がなく，ラックのみの損傷はレベル 3 にした。**Fig.12**，**13** はゲートが利用可能なレベル 4 の損傷事例である。**Fig.12** のマイターゲートには，スライドゲートが付設しており，スライドゲートは損傷により，稼働に障害が発生している。このようにマイターゲートにはスライドゲートが付設していることが多いが，タイプ別にマイターゲートの被災評価に集中するため，この部分は無視した。実際に設計では，この部分の配慮が別途必要である。

Table 2 に水門と排水機場の構造区分を示す。排水機場は **Fig.13** の木造，**Fig.14** のパネル構造，**Fig.15** の鉄筋コンクリートに区分した。木造とパネル構造は被災が大きく，被災後の状況からは，被災前の状況を推定することが困難で，詳しい区分はできなかった。

Fig. 7　大水門のレベル 3 の損傷（新浜水門）
Level 3 damages of large tidal gates (Shinhama G)

Fig. 5　大水門のレベル 1 の損傷（摂待水門）
Level 1 damages of large tidal gates (Settai G(gate))

Fig. 8　小水門のレベル 1 の損傷（市営釜排水機場）
Level 1 damages of small drainage gates (Kama DPS)

Fig. 6　大水門のレベル 2 の損傷（貞山堀水門）
Level 2 damages of large tidal gates (Teizanbori G)

Fig. 9　小水門のレベル 2 の損傷（相野釜排水機場）
Level 2 damages of small drainage gates (Ainokama DPS)

Fig. 10　小水門のレベル 2 の損傷（坂元防潮水門付近）
Level 2 damages of small drainage gates
(Upstream point of Sakamoto tidal gate)

Fig. 11　小水門のレベル 3 の損傷（新田排水機場）
Level 3 damages of small drainage gates (Shinden DPS)

Fig. 12　小水門のレベル 4 の損傷（大堀排水機場）
Level 4 damages of small drainage gates (Ohori DPS)

Fig. 13　小水門のレベル 4 の損傷（下街道排水機場）
Level 4 damages of small drainage gates (Shimokaidou DPS)

Fig. 14　木造の排水機場（五味倉排水機場）
Wood structure of DPS (Gomikura DPS)

Fig. 15　パネル構造の排水機場（荒浜排水機場）
Panel structure of DPS (Arahama DPS)

Table 2　排水機場と水門の構造の種類
Structures of DPS and gates

	材質・タイプ	説明
排水機場	1	木造
	2	パネル構造
	3	コンクリート構造
大水門	1	ローラーゲート
	2	マイターゲート
	3	ローラーラックゲート
小水門	1	スライド - スピンドル - ゲート
	2	スライド - ラック - ゲート
	3	マイターゲート

Fig. 16　コンクリート構造の排水機場（荒浜第 2 排水機場）
Concrete structure of DPS (Arahama Dai2 DPS)

３　被災の特徴のとりまとめ

ａ　水門の被災状況

Table 3 と **4** に水門のタイプ別被災状況を示す。**Fig.17** と **Fig.18** は **Table 1** と **2** をグラフにした。被災は小ゲートのスピンドルタイプに集中している。

Table 3　水門のタイプ別被災状況（箇所数）
Damages conditions of gates by types (Number of places)

			レベル				
大きさ	タイプ	支持法	1	2	3	4	計
大水門	ローラー	ワイヤ	1	3	14	1	19
大水門	ローラー	ラック	0	0	1	0	1
大水門	マイター		0	0	1	0	1
小水門	スライド	スピンドル	0	4	0	0	4
小水門	スライド	ラック	0	1	2	1	4
小水門	マイター		0	0	0	3	3
小水門排水	スライド	スピンドル	0	11	4	8	23
小水門排水	スライド	ラック	1	1	6	2	10
小水門排水	マイター		0	0	0	7	7

Table 4　水門のタイプ別被災状況（ゲート数）
Damages conditions of gates by types (Number of gates)

			レベル				
大きさ	タイプ	支持法	1	2	3	4	計
大水門	ローラー	ワイヤ	4	8	38	3	53
大水門	ローラー	ラック	0	0	3	0	3
大水門	マイター		0	0	3	0	3
小水門	スライド	スピンドル	0	14	0	0	14
小水門	スライド	ラック	0	3	3	2	8
小水門	マイター		0	0	0	12	12
小水門排水	スライド	スピンドル	0	21	8	2	31
小水門排水	スライド	ラック	3	2	10	2	17
小水門排水	マイター		0	0	0	10	10

ｂ　排水機場の被災

国土交通省が排水機場の復旧状況を 1 から 2 ヶ月おきに報告している。排水機場の被災では，復旧のしやすさが重要な指標であるので，このデータを使うことにし，対象をこのデータのある宮城県の仙台湾沿岸の排水機場に絞った。

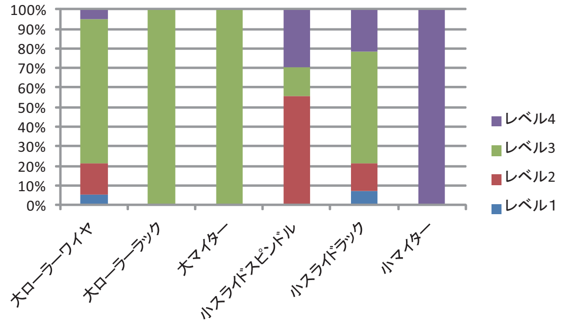


Fig. 17　水門のタイプ別被災状況（箇所数）
Damages conditions of gates by types (Number of places)

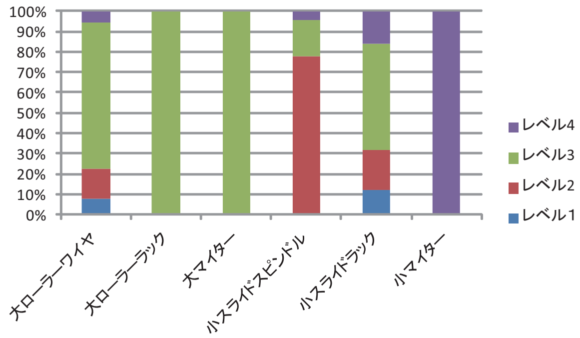


Fig. 18　水門のタイプ別被災状況（ゲート数）
Damages conditions of gates by types (Number of gates)

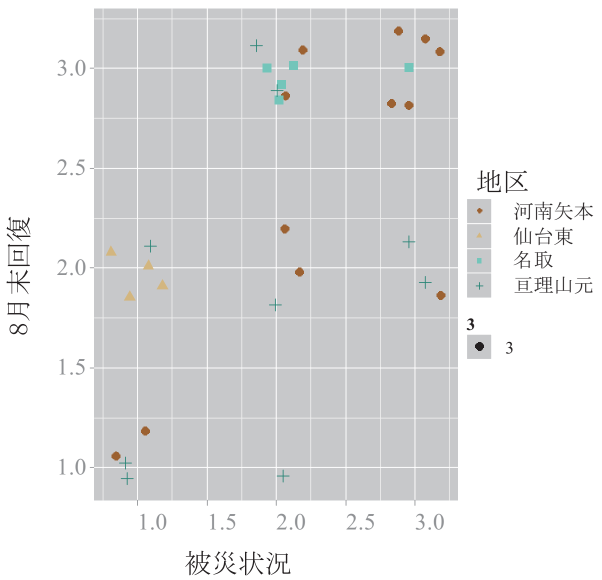


Fig. 19　排水機場の地区別被災状況と修復状況（復旧状況，1：ポンプ稼働なし，2：ポンプ部分稼働，3：全ポンプ稼働点にはジッターを追加）
Damages and recovery conditions of DPS by areas
(1:No pumps recovered, 2:Partial pumps recovered, 3:All pumps recovered)

Fig.19 は被災状況と 8 月末の復旧状況である。これから，建屋が流出する被災状況の 1 を避けることで，平均的な回復の可能性が高くなる。

Fig.20 は被災状況と構造を示す。鉄筋コンクリート構造が強く，木造，パネル構造は避けるべきである。

Fig.21 は被災状況と海岸からの距離を示す。距離は，排水機場の東経と北緯のデータを使い，GIS 上で計測した。これから，被災は海岸に近いほうが多いが，パネル構造は距離が遠くとも大きく被災していること，逆に鉄筋コンクリートは，距離が近くとも被災の小さい場合があることがわかる。なお，距離の検討は外力が不明のために代替として行なったものである。

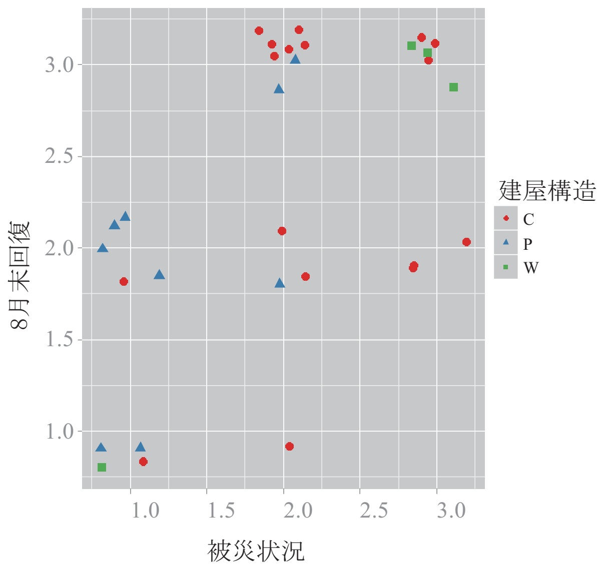


Fig. 20　排水機場の構造被災状況と修復状況
(C: コンクリート構造，P: パネル構造，W: 木造)
Damages and recovery conditions of DPS by structures
(C: Concreat, P: Panel, W: Wood)

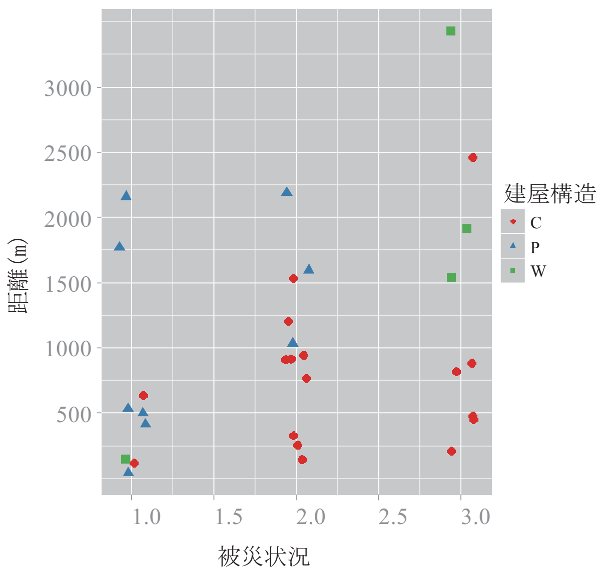


Fig. 21　排水機場の構造被災状況と海岸からの距離
(C: コンクリート構造，P: パネル構造，W: 木造)
Damages and recovery conditions of DPS by distance from coastal lines
(C:Concreat, P: Panel, W:Wood)

Ⅳ　考　察

1　防潮水門・樋門

a　対策の基本的視点

大水門は津波の越流に対して，構造は強く，レベル 1 の被災は摂待のみである。大型の樋門は停電時には電動操作ができなくなるので，手動操作が可能になっている。手動操作の安全確保には，管理棟の一部の高さを上げて，シェルターとするか，隣接の高台に避難すべきかになろう。

小水門は，津波の越流を受けると上部構造が破壊することが多い。小水門で利用されるマイターゲートは水中にあり，津波に対して頑強である。ただし，併設のスライドゲートは弱い。小水門の構造強化はコストがかさむので，修復の容易性に主眼を置くべきである。

b　水門の位置について

防潮水門の大きなものは，河川に設置され，津軽石川防潮水門のように河川が湾奥にある場合も多い。宮古湾のように奥が深い湾については，湾奥の津波被害が大きいことが確認されている。このように，大水門で被災の大きな所は，防潮水門が津波の被災を受けやすい地点に位置していることが多い。

小水門は津波の流れは堤防にあたるものの，水門に集中する場合は見られなかった。

c　破壊の原因について

樋門の破壊原因については，津波の水の力を第 1 に考えるが，摂待や水海の事例では，消波工や大きな石が衝突して，破壊が起こった可能性がある。摂待のように前浜が海底谷の場合には注意が必要である。

2　排水機場

a　津波と排水機場

排水機場の役割は内陸の余分な水を吐き出して，浸水被害を防止する点にある。津波と排水機場の関係を考える上で考慮すべき点は次の 2 つである。

・排水機場の排水の吐口（自然排水，機械排水）
・地盤と潮位の関係

この 2 つは，津波後の被災を左右する。

b　被害の大きさ

津波後に複数の排水機場が被災しており，人員，機材など当面の修復に当てられる資源に制限がある場合には，被災の大きさに応じた優先順位を取ることが合理的である。被災の大きさは，各排水機場の損傷の割合と各排水機場が持つ排水能力の積になる。排水能力の指標としては，排水機場の排水面積，排水ポンプの口径，排水ポンプの容量などは，部分的で不十分である。本論文では，データがないため被害の大きさを損傷の程度だけに簡略している。

３　今後の課題

ａ　水門・樋門

第 1 に，スライドゲートではスピンドル型を廃してラック型を用いるべきである。

第 2 に，中小型のマイターゲートへのスルースゲートの併設については，スルースゲート部分が復旧しやすいように工夫すべきである。

第 3 に，海岸堤防については，今回の被災を受けて，堤防の高さに注目するのではなく，堤防の上を津波が越流しても堤防が崩壊しない粘り強い堤防を目指している。具体的には堤防の被覆を工夫する，堤防の厚さを増すなどの方法が検討されている。堤防が粘り強くなった場合には，樋門が弱点にならない工夫が必要になる。

第 4 に，復旧までの時間を短縮するのであれば，今後，部品の共通化などの機械類の内容について精査する余地がある。

ｂ　排水機場

第 1 に浸水対策を強化すべきである。これは，浸水による電気系統の破壊を避けるためである。ポンプの台座の高さ，配電盤の脚の高さは津波や洪水時の浸水対策の安全性能として，設計の際に，考慮すべき値といえる。

第 2 に建屋の構造が津波に耐えられるように，強度を工夫すべきである。

ｃ　被災調査方法の策定

今後，津波や台風の被災時には，被災排水機場の外力を特定できるような調査を行うべきである。これには，調査要項と調査マニュアルの策定が望ましい。重要な調査項目は **Fig.22** に示す建物の津波の進行方向と反対側の津波痕跡，津波進行側の建物の津波痕跡から離れた地点の津波の浸水高さ，建物までの距離であろう。

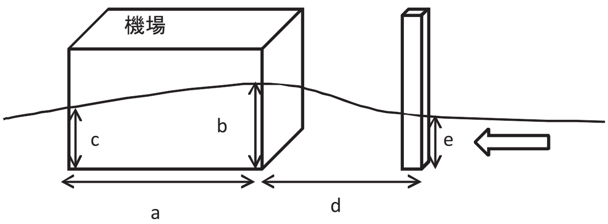


Fig. 22　排水機場の被災調査法（測定箇所）の提案
（記号は観測対象の距離，別途地盤高さも必要）
Proposal of a damages survey method of DPS
(alphabets are distance measuring points, also ground levels should be measured.)

ｄ　事業継続計画

排水機場は 10 年または 20 年確率の降雨を排除できるように設計される。20 年を越える降雨の場合や，今回の様な津波被災については，設計規準には明確な規定がない。このような被災の場合には，湛水被害が生ずることはやむを得ないが，出来るだけ早急な復旧が可能なように事業継続計画 Business Continuity Plan（BCP）を策定すべきである。上記の津波被災に対応した排水機場の建屋の強度は BCP の中で必要な条件が整理されるべき性格の問題と考える。

Ⅴ　結　言

水門と排水機場の被災実態を現時点のデータで整理した。被災前の状況が十分調査できていないところがある。また，被災時の状況は調査時点のものであり，地元の方の被災直後の調査の方がより正確な場合も多いと考える。今後，問題点，改善点について，ご指摘いただければ，随時追加修正したいと考えている。

参考文献

1）東北地方太平洋沖地震を踏まえた河口堰・水門等技術検討委員会：東日本大震災を踏まえた堰・水門等の設計, 操作のあり方について,（社）国土技術研究センター, 20+46p.2011.9
2）国土交通省：東日本大震災における活動記録 http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/haisui.pdf
3）岩手県津波復興委員会技術検討委員会資料
4）津波合同調査チーム調査結果
5）社会的に求められる新たな機能を考慮した水門の設計手法の取り組み http://jice.or.jp/oshirase/200907170/200907290.html

Appendix 1 調査対象の水門

TL	地区	場所	北緯（度）	東経（度）	距離（m）	損傷	構造	門数	タイプ	支持法
L01	野田村	宇部川	40.112	141.823	444	3	1	2	ローラー	ワイヤ
L02	普代村	宇留部	40.013	141.896	527	3	1	4	ローラー	ワイヤ
L03	田野畑村	嶋之越新	39.910	141.947	45	3	1	1	ローラー	ワイヤ
L04	田野畑村	嶋之越	39.910	141.946	102	3	1	1	ローラー	ワイヤ
L05	岩泉町	小本防潮	39.853	141.969	585	3	1	1	ローラー	ワイヤ
L06	岩泉町	小本川	39.848	141.969	627	3	1	6	ローラー	ワイヤ
L07	宮古市	摂待	39.812	141.980	280	1	1	4	ローラー	ワイヤ
L08	宮古市	津軽石川	39.585	141.946	316	3	1	7	ローラー	ワイヤ
L09	大槌市	小槌川	39.332	141.896	325	3	1	3	ローラー	ワイヤ
L10	釜石市	水海海岸	39.301	141.887	5	3	1	2	ローラー	ワイヤ
L11	唐丹町	下荒川	39.192	141.866	47	3	1	1	ローラー	ワイヤ
L12	大船渡市	越喜来	39.115	141.814	40	2	1	2	ローラー	ワイヤ
L13	大船渡	綾里	39.044	141.796	11	3	1	1	ローラー	ワイヤ
L14	東松島	野蒜	38.379	141.169	90	3	2	1	マイター	-
L15	東松島	東名	38.370	141.138	57	4	1	3	ローラー	ワイヤ
L16	名取市	寺野	38.159	140.939	1250	3	1	3	ローラー	ワイヤ
L17	名取市	貞山堀	38.157	140.943	751	2	1	3	ローラー	ワイヤ
L18	名取市	新浜	38.052	140.918	86	3	1	2	ローラー	ワイヤ
L19	亘理町	牛橋	37.989	140.914	162	3	3	3	ローラー	ラック
L20	亘理町	高瀬川	37.982	140.905	924	3	1	3	ローラー	ワイヤ
L21	山元町	坂元	37.930	140.919	106	2	1	3	ローラー	ワイヤ
S01	野田村	明内	40.111	141.824	372	3	2	2	スライド	ラック
S02	田野畑村	島の越漁港	39.916	141.940	164	2	1	4	スライド	スピンドル
S03	宮古市	長内川	39.736	141.974	116	2	1	6	スライド	スピンドル
S04	宮古市	金浜樋門	39.594	141.945	33	2	1	1	スライド	スピンドル
S05	唐丹町	本郷樋門	39.208	141.886	62	2	1	1	スライド	スピンドル
S06	大船渡市	合足	39.035	141.769	97	3	2	1	スライド	ラック
S07	亘理町	鷲穴	38.038	140.903	1646	4	3	2	マイター	-
S08	亘理町	鐪川	38.034	140.895	2322	4	3	7	マイター	-
S09	亘理町	橋本	38.031	140.903	1734	4	3	3	マイター	-
S10	亘理町	落し堀	37.986	140.887	2507	4	2	2	スライド	ラック
S11	新地町	大戸浜	37.873	140.932	368	2	2	3	スライド	ラック

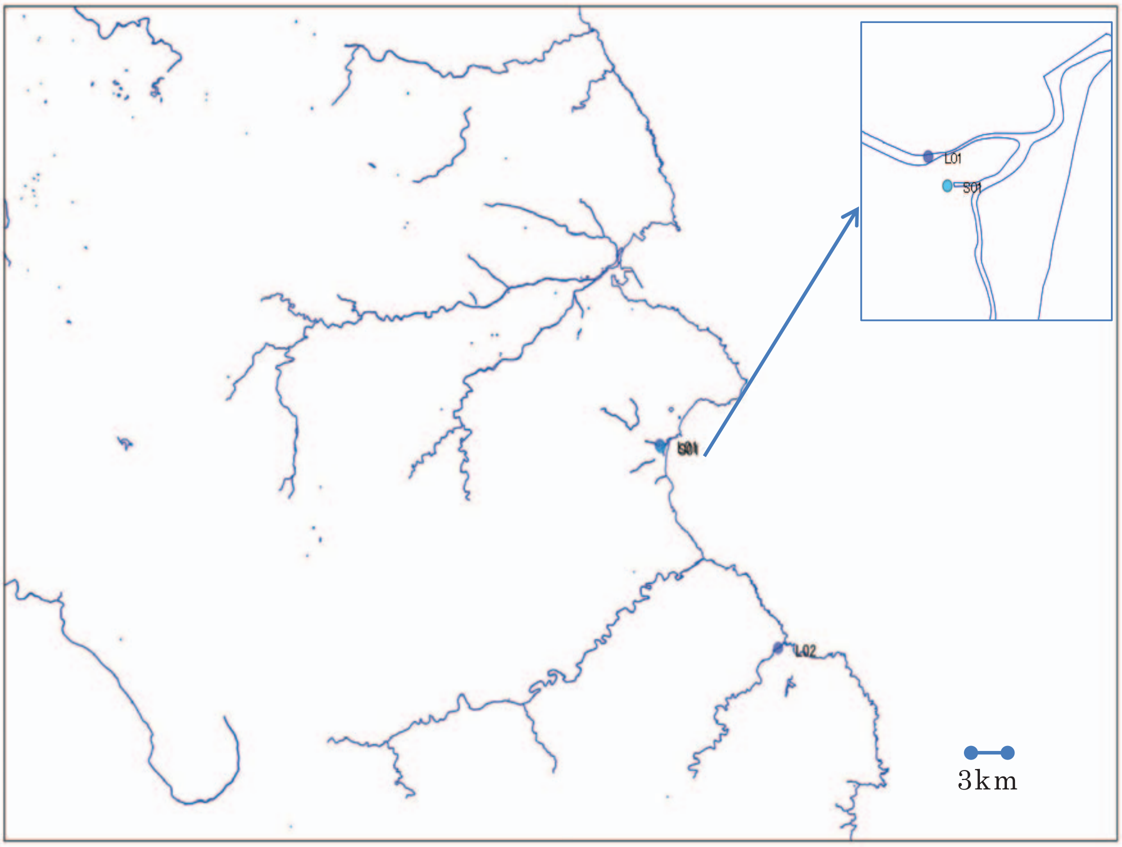
Appendix 2　調査対象の排水機場

TL	地区	場所	北緯（度）	東経（度）	距離（m）	損傷	構造	門数	タイプ	支持法
P01	東松島	中区第 2	38.444	141.225	3432	4	1	1	スライド	スピンドル
P02	東松島	赤井	38.436	141.230	2460	4	1	1	スライド	スピンドル
P03	東松島	柳の目第 2	38.433	141.247	1531	4	1	1	スライド	スピンドル
P04	東松島	五味倉	38.431	141.231	1919	4	1	1	スライド	スピンドル
P05	東松島	南区	38.430	141.236	1535	4	1	1	スライド	スピンドル
P06	東松島	柳の目	38.427	141.249	882	4	1	1	スライド	スピンドル
P07	東松島	宇田川	38.425	141.370	1568	4	1	1	スライド	スピンドル
P08	東松島	大曲第 2	38.422	141.246	327	2	1	1	スライド	スピンドル
P09	東松島	大曲第 1	38.420	141.246	147	3	1	1	スライド	スピンドル
P10	石巻市	団体営釜	38.419	141.248	40	2	1	2	スライド	スピンドル
P11	石巻市	市営釜	38.419	141.249	57	2	1	1	スライド	スピンドル
P12	石巻市	下街道	38.405	141.230	475	3	2	2	スライド	ラック
P13	東松島	浜市	38.388	141.171	145	4	1	1	スライド	スピンドル
P14	東松島	立沼	38.387	141.192	254	3	1	3	スライド	スピンドル
P15	東松島	中下	38.379	141.168	177	2	1	2	スライド	スピンドル
P16	仙台市	阿川沼	38.286	141.063	94	4	2	1	スライド	ラック
P17	仙台市	高砂南部	38.246	141.001	636	2	1	2	スライド	スピンドル
P18	仙台市	大堀	38.222	140.984	498	4	3	2	マイター	-
P18	仙台市	大堀	-	-	-	2	1	5	スライ	スピンドル
P19	仙台市	二郷堀	38.209	140.975	413	4	3	3	フラップ (マイター）	
P20	仙台市	藤塚	38.182	140.958	533	4	2	1	マイター	ワイヤ
P21	名取市	閖上	38.165	140.947	916	4	3	1	フラップ (マイター）	
P21	名取市	閖上	-	-	-	2	1	2	スライド	スピンドル
P22	名取市	寺野	38.159	140.939	1205	2	1	2	スライド	スピンドル
P23	名取市	相野釜	38.125	140.928	940	4	3	1	マイター	-
P23	名取市	相野釜	-	-	-	2	1	1	スライド	スピンドル
P24	名取市	藤曽根	38.111	140.926	767	4	3	1	マイター	-
P24	名取市	藤曽根	-	-	-	2	1	1	スライド	スピンドル
P25	名取市	浦崎	38.063	140.919	450	3	2	1	スライド	ラック
P26	亘理町	荒浜雨水	38.043	140.920	123	0	0	0	ゲートなし	-
P27	亘理町	荒浜	38.037	140.901	1770	0	0	0	ゲートなし	-
P28	亘理町	荒浜第 2	38.035	140.897	2189	0	0	0	ゲートなし	-
P29	亘理町	長瀞浜	38.032	140.898	2160	3	2	3	スライド	ラック
P30	亘理町	大畑浜	38.031	140.903	1596	3	1	2	スライド	スピンドル
P31	亘理町	吉田	38.027	140.918	209	3	2	1	スライド	ラック
P32	亘理町	牛橋	37.989	140.905	905	2	1	2	スライド	スピンドル
P33	亘理町	新牛橋	37.988	140.906	816	4	3	1	フラップ (マイター）	
P34	山元町	花笠	37.966	140.904	1032	3	2	1	スライド	ラック
P35	山元町	花笠第 2	37.966	140.914	114	4	2	1	スライド	ラック
P36	山元町	大谷地	37.932	140.916	410	3	1	2	スライド	スピンドル
P37	新地町	大戸浜	37.873	140.933	345	1	1	1	スライド	スピンドル
P38	相馬市	相馬	37.791	140.965	1984	2	2	2	スライド	ラック
P39	相馬市	新田	37.790	140.964	2011	3	2	2	スライド	ラック
P40	相馬市	八戸沢	37.722	141.005	557	0	0	0	ゲートなし	-

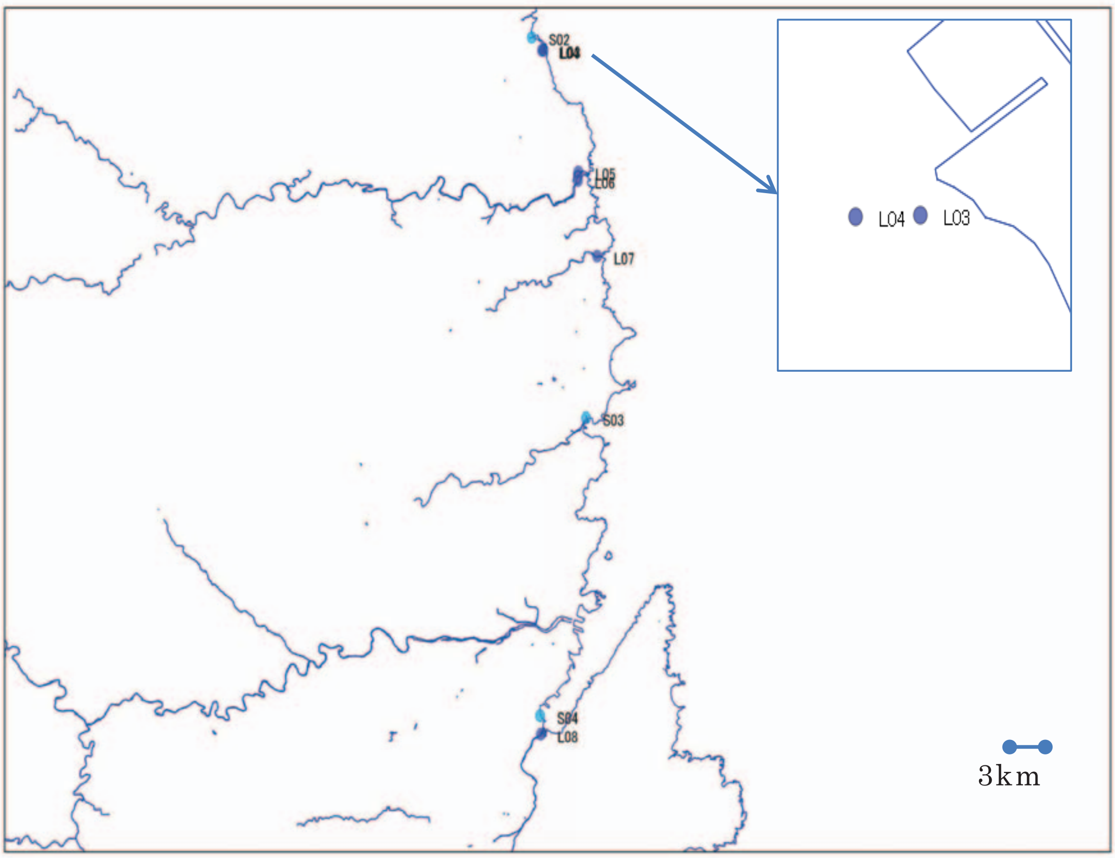
Appendix 3　調査対象の排水機場（地区別と回復状況）

地区	TL	機場名	北緯（度）	東経（度）	距離（m）	モーター（m^3/s）	ディーゼル（m^3/s）	被災状況
河南矢本	P01	中区第 2	38.444	141.225	3432	0.6	0	3
	P02	赤井	39.238	141.304	2460	1	1	3
	P03	柳の目第 2	38.433	141.247	1531	0.72	1.71	2
	P04	五味倉	38.431	141.231	1919	1.1	0	3
	P05	南区	38.169	141.236	1535	0.94	0	3
	P06	柳の目	38.166	141.249	882	1.17	0	3
	P08	大曲第 2	38.161	141.246	327	0.77	1.83	2
	P09	大曲	38.420	141.246	147	1.2	0	1
	P10	団体営釜	38.159	141.248	40	1.55	1	1
	P12	下街道	38.155	141.230	475	0	0	3
	P13	浜市	38.148	141.171	145	0.77	6	2
	P14	立沼	38.388	141.192	254	1.38	6	2
名取	P21	閖上	38.071	140.947	916	1.57	2.56	2
	P22	寺野	38.065	140.939	1205	1.26	2.58	2
	P23	相野釜	38.052	140.928	940	1.24	1.92	2
	P24	藤曽根	38.048	140.926	767	1.25	2.083	2
	P25	蒲崎	38.063	140.919	450	0.27	1.023	3
亘理	P27	荒浜	38.016	140.901	1770	1.13	4.53	1
	P28	荒浜第 2	38.014	140.897	2189	1.40	6.00	2
	P29	長瀞浜	38.022	140.898	2160	0.88	1.13	1
	P30	大畑浜	38.031	140.903	1596	0.92	2.47	2
	P31	吉田	38.016	140.918	209	1.59	5.01	3
	P32	牛橋	37.374	140.905	905	0.80	1.84	2
	P33	新牛橋	37.373	140.906	816	1.09	5.24	3
	P34	花笠	37.966	140.904	1032	0.88	1.77	2
	P35	花笠第 2	37.372	140.914	114	1.17	3.83	1
仙台東	P17	高砂南部	38.101	141.001	636	0.50	4.55	1
	P18	大堀	38.222	140.984	498	0.80	2	1
	P19	二郷堀	38.209	140.975	413	1.30	2.9	1
	P20	藤塚	38.182	140.958	533	0.26	1.04	1

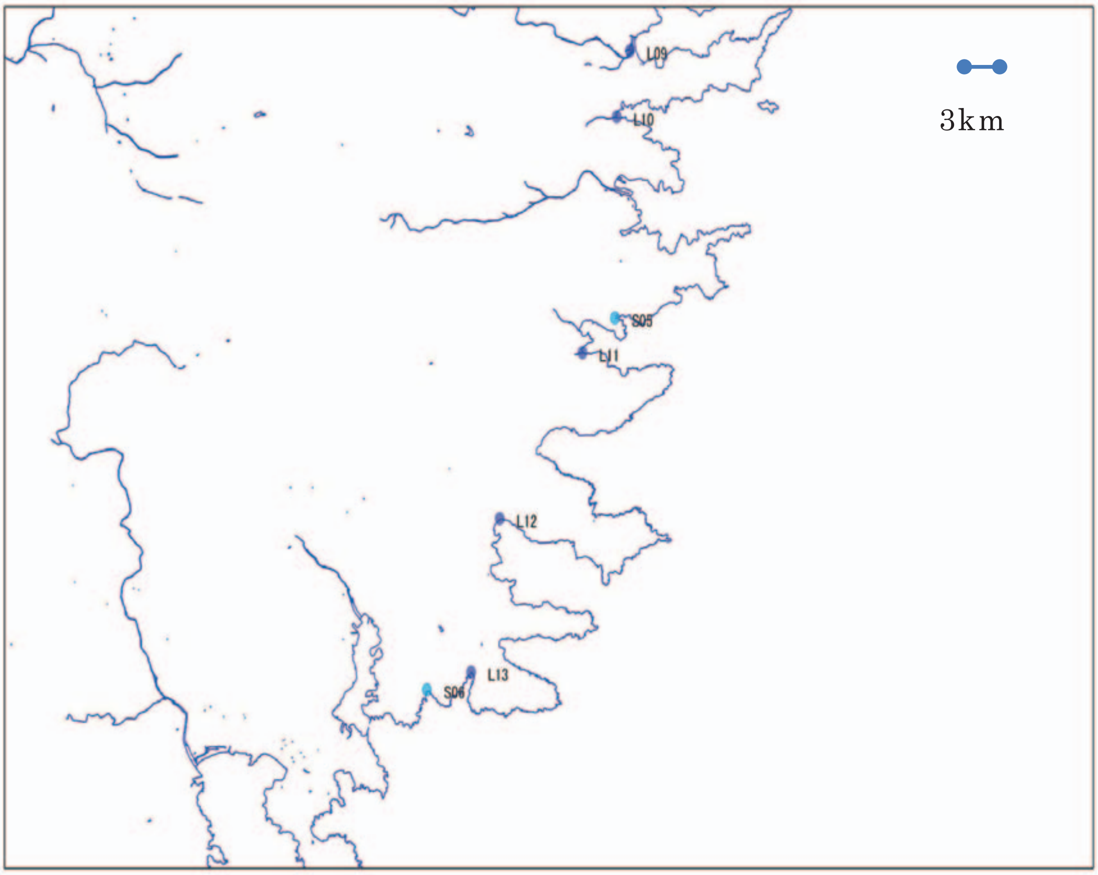
Appendix 4　野田村，普代村



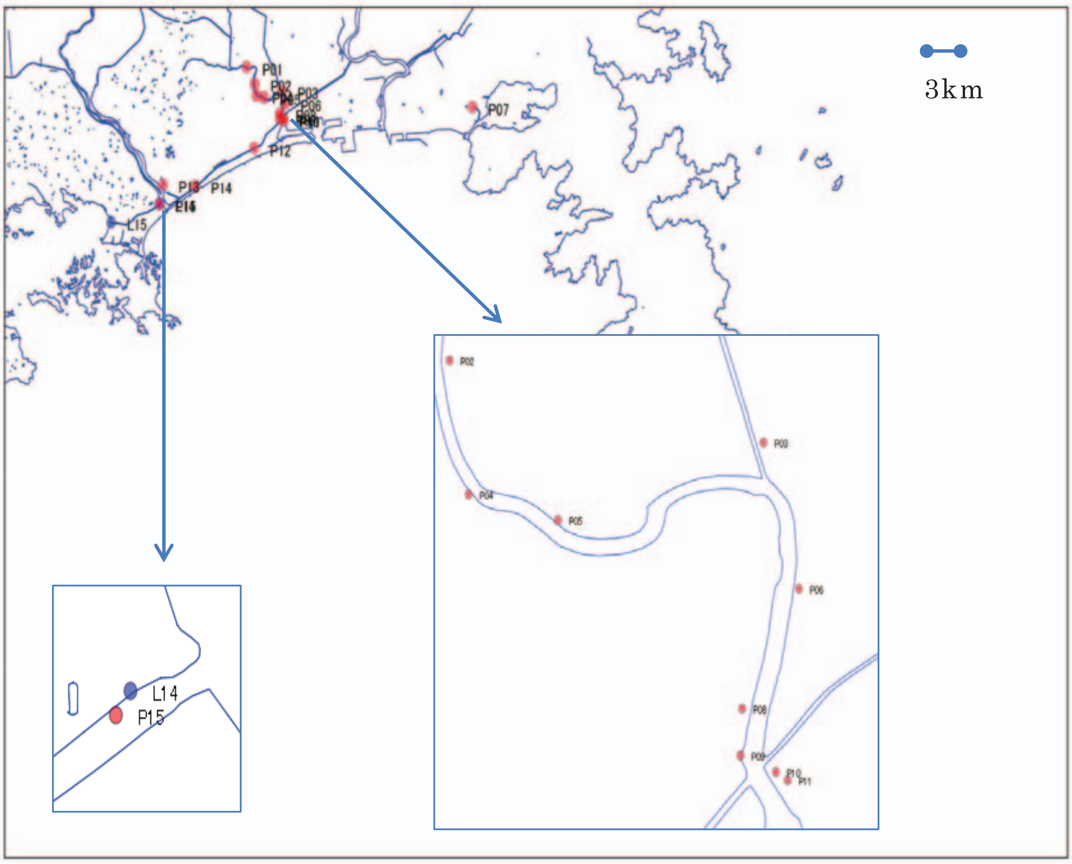
Appendix 5　田野畑村，岩泉町，宮古市



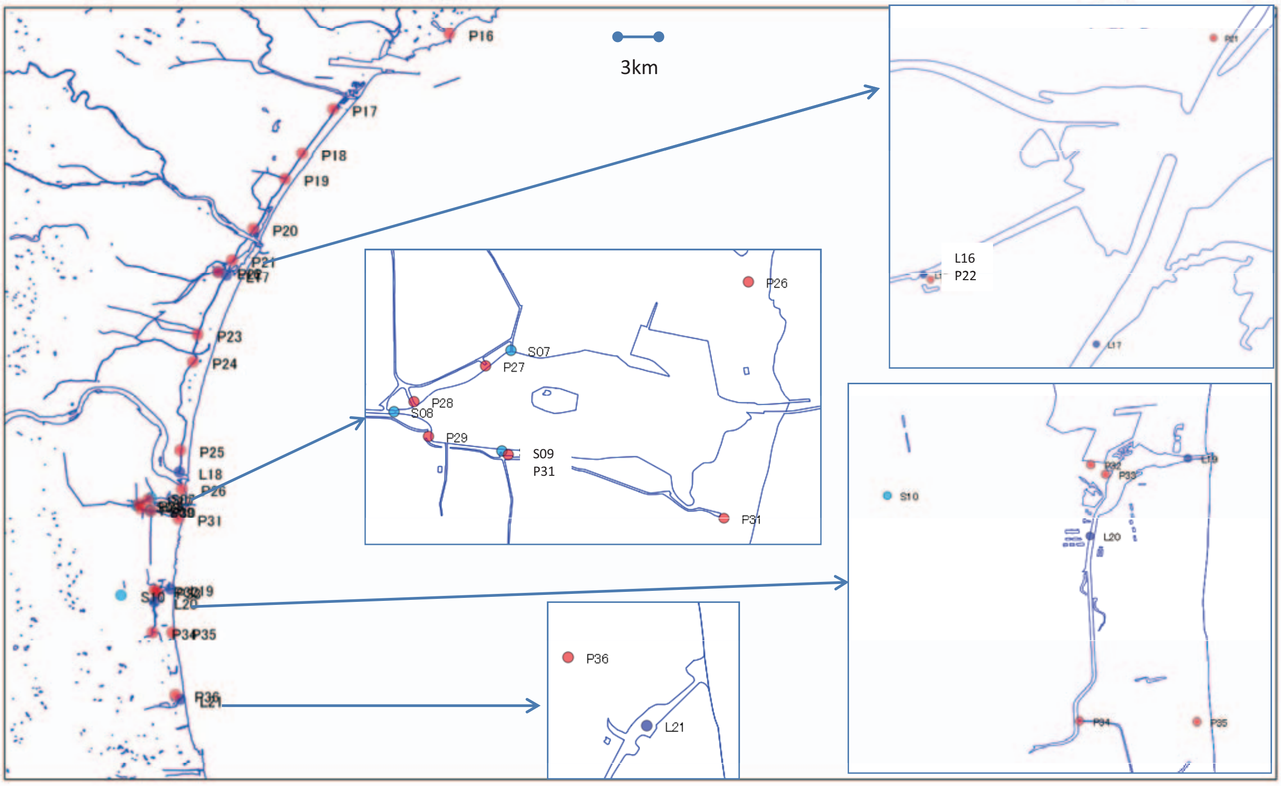
Appendix 6　大槌町，釜石市，大船渡市



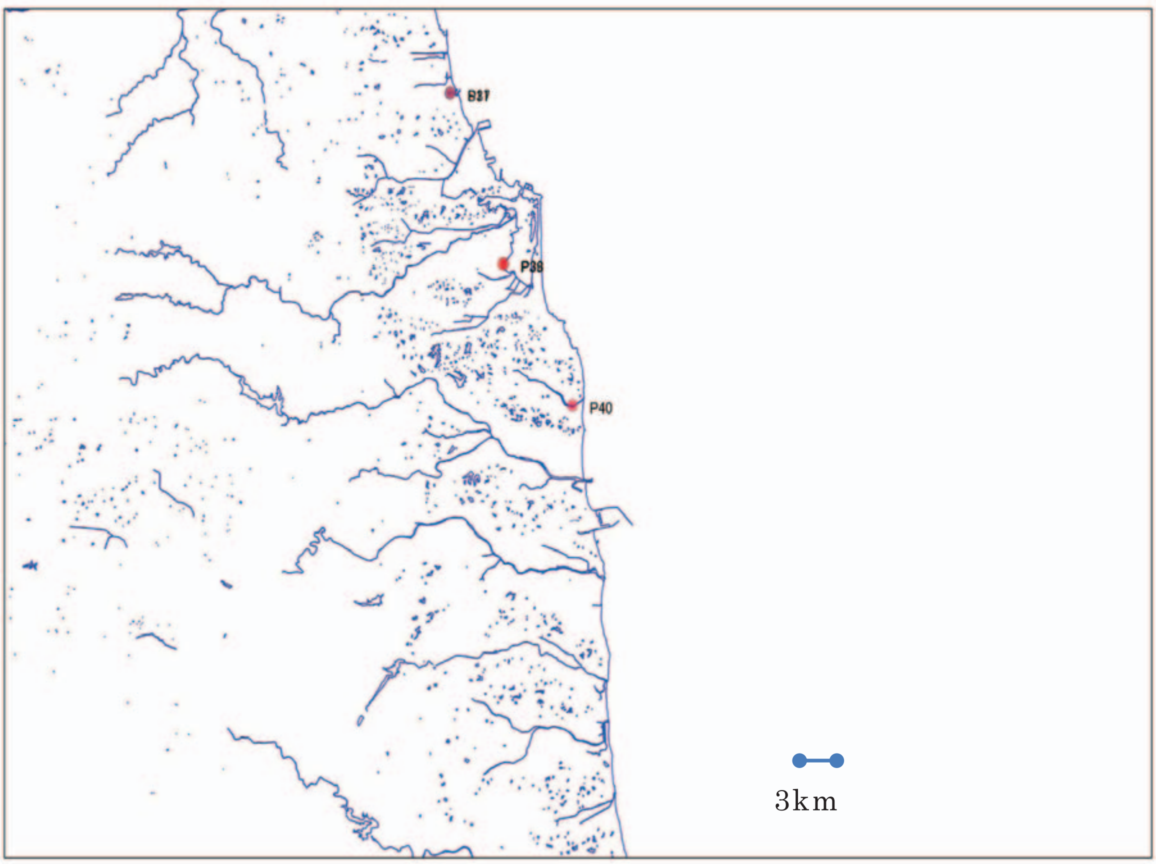
Appendix 7　石巻市，東松島町



Appendix 8　仙台市，名取市，亘理町，山元町



Appendix 9　新地町，相馬市



Tsunami Damages on Gates and Pumping Stations by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

TANJI Hajime, KIRI Hirohide, TANAKA Yoshikazu, HITOMI Tadayoshi and HORIKAWA Naoki

Summary

Results of survey of tsunami damaged on gates and drainage pumping stations are reported. Large gates are relative strong to tsunami. The damages mainly depend on its locations. Small gates are relative weak on those moving mechanisms. Submerged type gates (miter or flap type) are strong to tsunami force. In slide gates, rack type structure is stronger than spindle type. Damages on pumping stations are mainly on the balance or tsunami force and counter force based on structures of pumping stations. On structures of building, concrete is strong but wood or panel structure is weak. On any structure, water proof structure is important because no electrical instruments work after saline inundation.

Keywords : gate, drainage pumping station, tsunami, Sendai-bay