

〔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 | IV 考察 | 260 |
| II 調査対象 | 255 | 1 防潮水門・樋門 | 260 |
| III 調査結果 | 255 | 2 排水機場 | 260 |
| 1 ゲートの種類 | 255 | 3 今後の課題 | 261 |
| 2 被災類型 | 256 | V 結言 | 261 |
| 3 被災の特徴のとりまとめ | 259 | 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の閑上、P24の筋曾根排水機場では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

** 水理工学研究領域

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. 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. 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 (Shimokaido DPS)

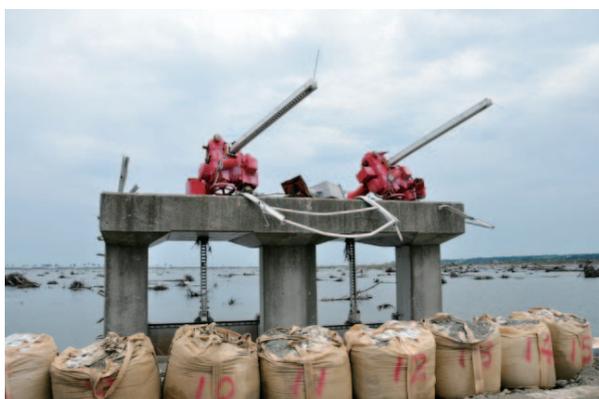


Fig. 11 小水門のレベル 3 の損傷 (新田排水機場)
Level 3 damages of small drainage gates (Shinden DPS)



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

| 大きさ | タイプ | 支持法 | レベル | | | | 計 |
|-------|------|-------|-----|----|----|---|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 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)

| 大きさ | タイプ | 支持法 | レベル | | | | 計 |
|-------|------|-------|-----|----|----|----|----|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 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仙台湾沿岸の排水機場

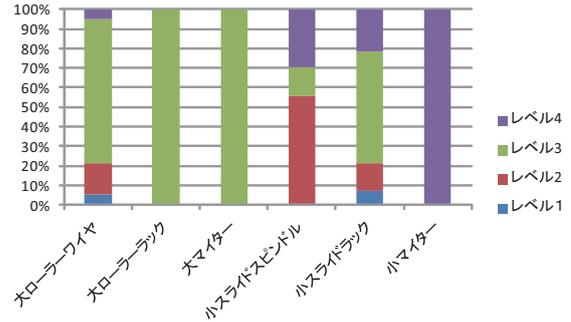


Fig. 17 水門のタイプ別被災状況（箇所数）
Damages conditions of gates by types (Number of places)

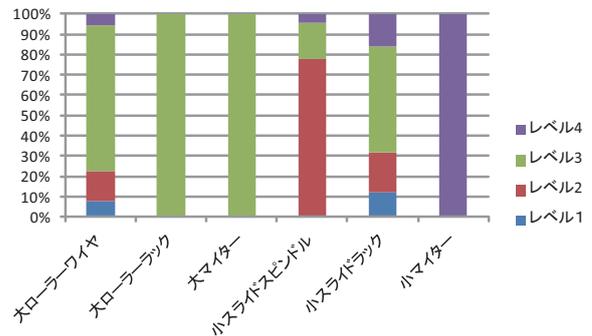


Fig. 18 水門のタイプ別被災状況（ゲート数）
Damages conditions of gates by types (Number of gates)

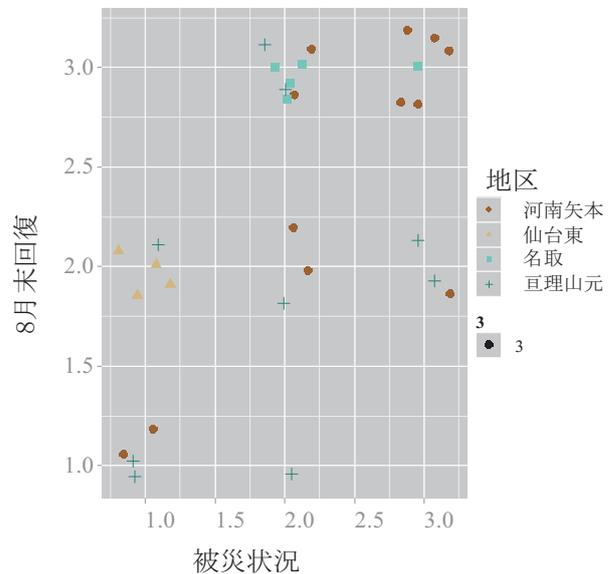


Fig. 19 排水機場の地区別被災状況と修復状況（復旧状況、1：ポンプ稼働なし、2：ポンプ部分稼働、3：全ポンプ稼働点にはジッターを追加）
Damages and recovery conditions of DPS by areas
(1:No pumps recovered, 2:Partial pumps recovered, 3:All pumps recovered)

に絞った。

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。

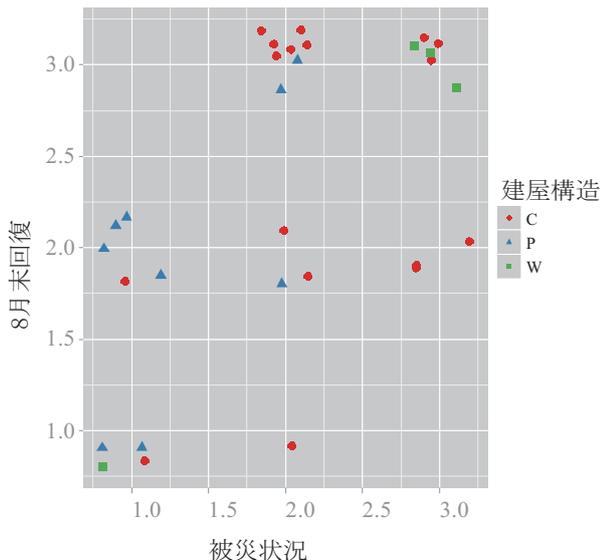


Fig. 20 排水機場の構造被災状況と修復状況
(C: コンクリート構造, P: パネル構造, W: 木造)
Damages and recovery conditions of DPS by structures
(C: Concreat, P: Panel, W: Wood)

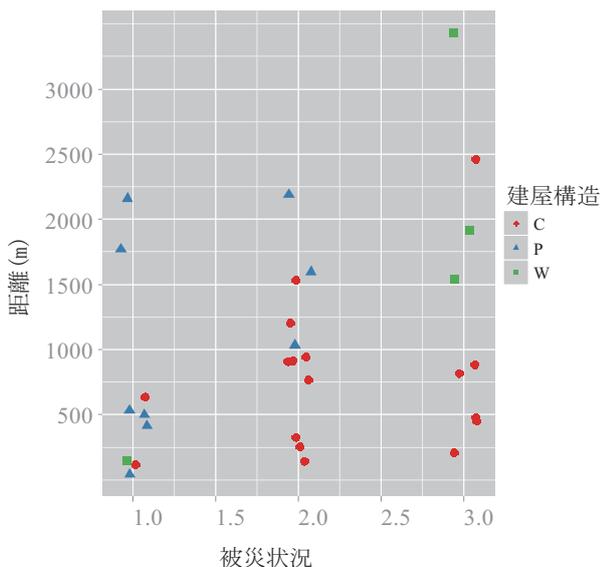


Fig. 21 排水機場の構造被災状況と海岸からの距離
(C: コンクリート構造, P: パネル構造, W: 木造)
Damages and recovery conditions of DPS by distance from coastal lines
(C: Concreat, P: Panel, W: Wood)

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る。

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。

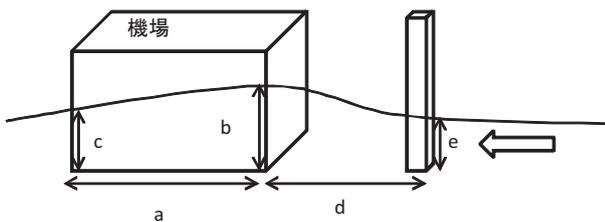


Fig. 22 排水機場の被災調査法（測定箇所）の提案

（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の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/taiheiyuokijishinn/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 | 撰待 | 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 | 亶理町 | 牛橋 | 37.989 | 140.914 | 162 | 3 | 3 | 3 | ローラー | ラック |
| L20 | 亶理町 | 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 | 亶理町 | 鷺穴 | 38.038 | 140.903 | 1646 | 4 | 3 | 2 | マイター | - |
| S08 | 亶理町 | 鑄川 | 38.034 | 140.895 | 2322 | 4 | 3 | 7 | マイター | - |
| S09 | 亶理町 | 橋本 | 38.031 | 140.903 | 1734 | 4 | 3 | 3 | マイター | - |
| S10 | 亶理町 | 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 |

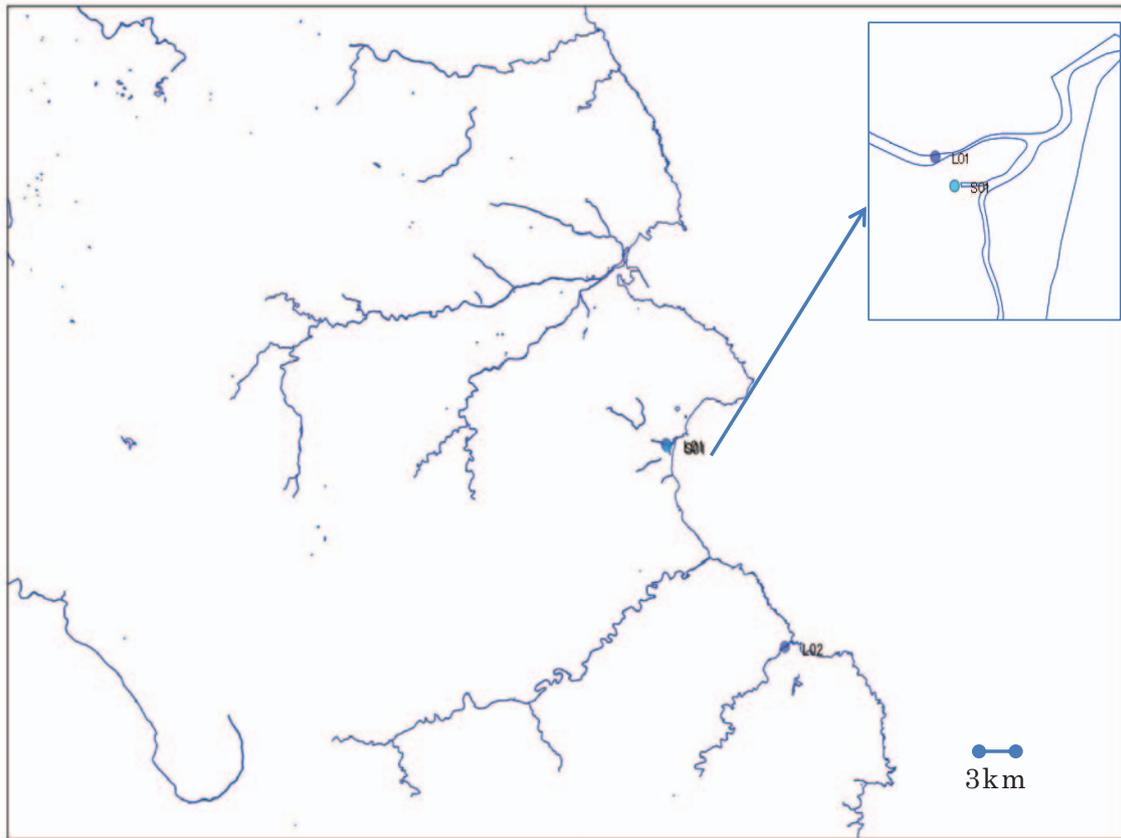
Appendix 2 調査対象の排水機場

| 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 | 閑上 | 38.165 | 140.947 | 916 | 4 | 3 | 1 | フラップ(マイター) | |
| P21 | 名取市 | 閑上 | - | - | - | 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 | 藤曾根 | 38.111 | 140.926 | 767 | 4 | 3 | 1 | マイター | - |
| P24 | 名取市 | 藤曾根 | - | - | - | 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 | 亶理町 | 荒浜雨水 | 38.043 | 140.920 | 123 | 0 | 0 | 0 | ゲートなし | - |
| P27 | 亶理町 | 荒浜 | 38.037 | 140.901 | 1770 | 0 | 0 | 0 | ゲートなし | - |
| P28 | 亶理町 | 荒浜第2 | 38.035 | 140.897 | 2189 | 0 | 0 | 0 | ゲートなし | - |
| P29 | 亶理町 | 長瀬浜 | 38.032 | 140.898 | 2160 | 3 | 2 | 3 | スライド | ラック |
| P30 | 亶理町 | 大畑浜 | 38.031 | 140.903 | 1596 | 3 | 1 | 2 | スライド | スピンドル |
| P31 | 亶理町 | 吉田 | 38.027 | 140.918 | 209 | 3 | 2 | 1 | スライド | ラック |
| P32 | 亶理町 | 牛橋 | 37.989 | 140.905 | 905 | 2 | 1 | 2 | スライド | スピンドル |
| P33 | 亶理町 | 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 | - |

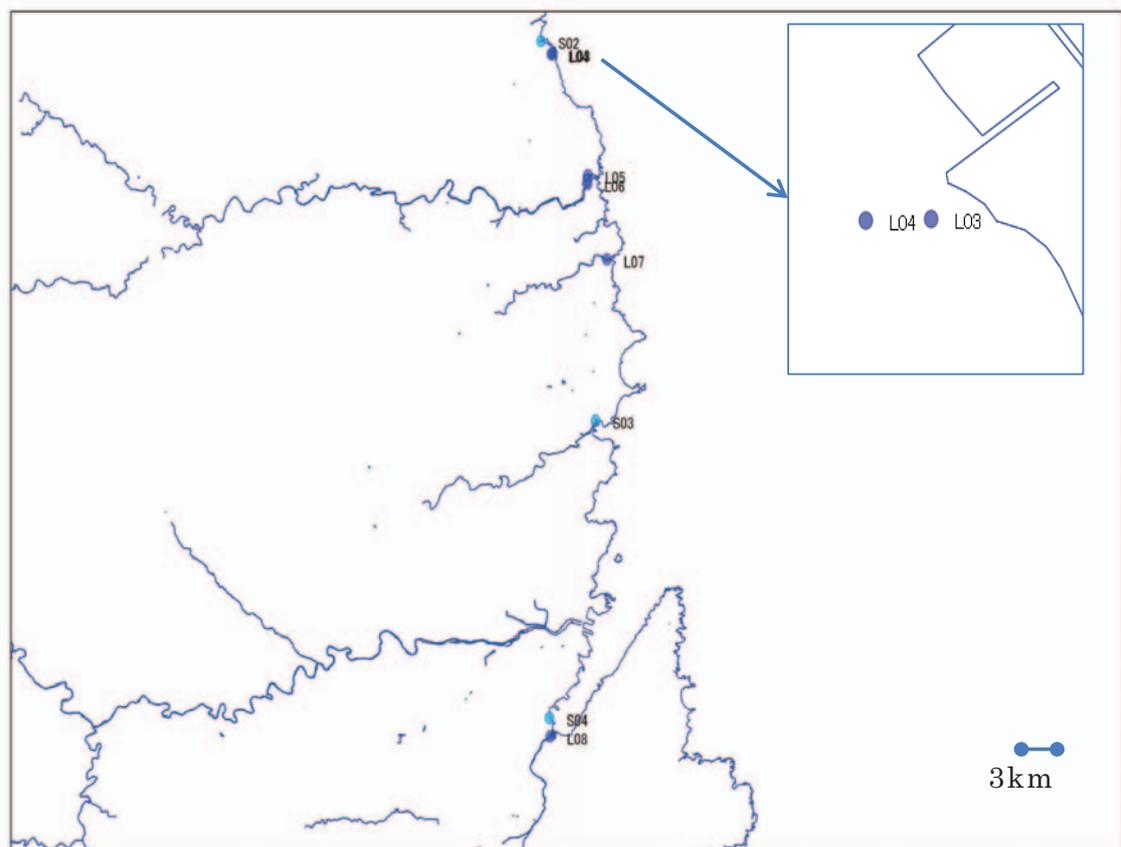
Appendix 3 調査対象の排水機場 (地区別と回復状況)

| 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 | 団体菅釜 | 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 | 関上 | 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 | | 藤曾根 | 38.048 | 140.926 | 767 | 1.25 | 2.083 | 2 | |
| P25 | | 蒲崎 | 38.063 | 140.919 | 450 | 0.27 | 1.023 | 3 | |
| 亶理 | 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 | 長瀨浜 | 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 | |

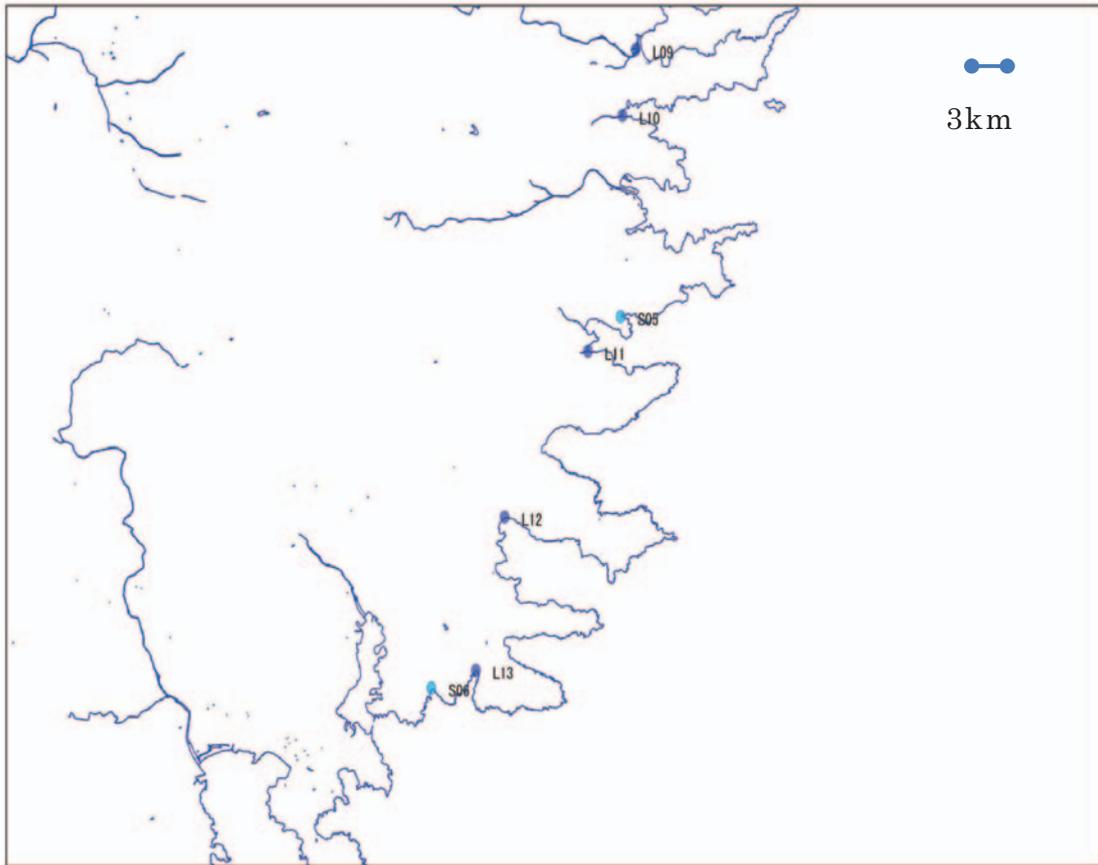
Appendix 4 野田村，普代村



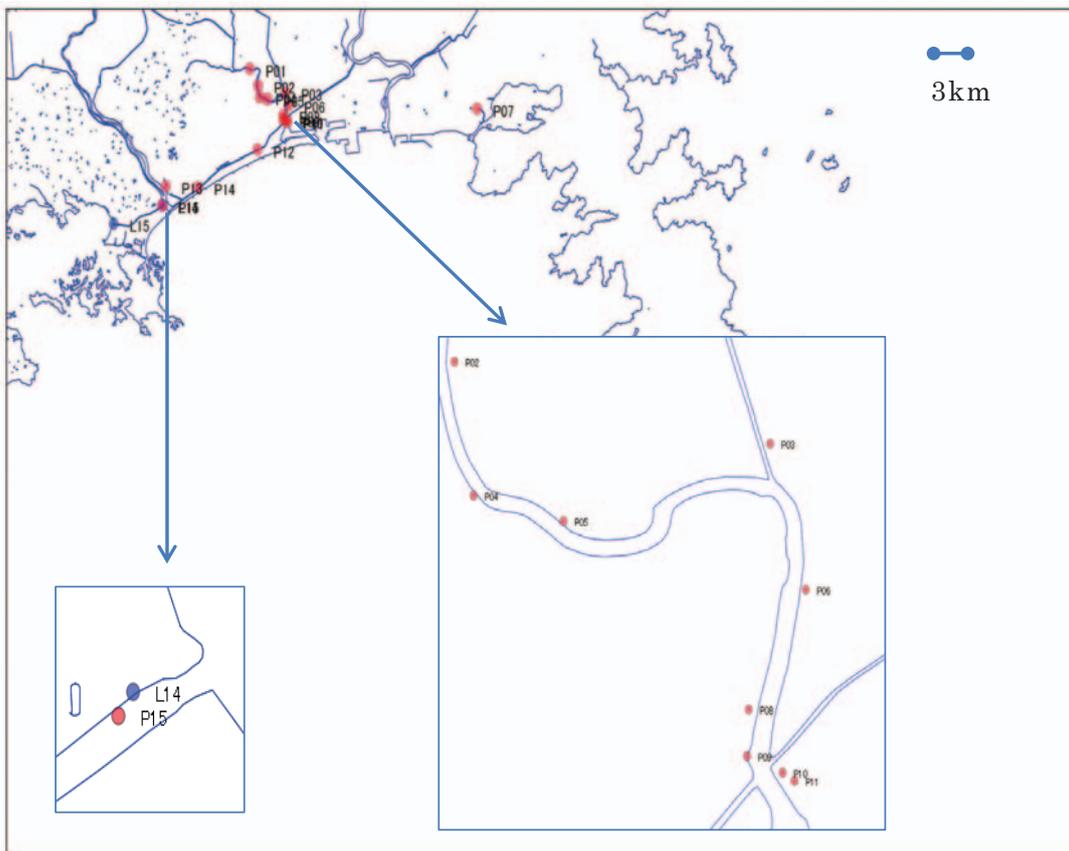
Appendix 5 田野畑村，岩泉町，宮古市



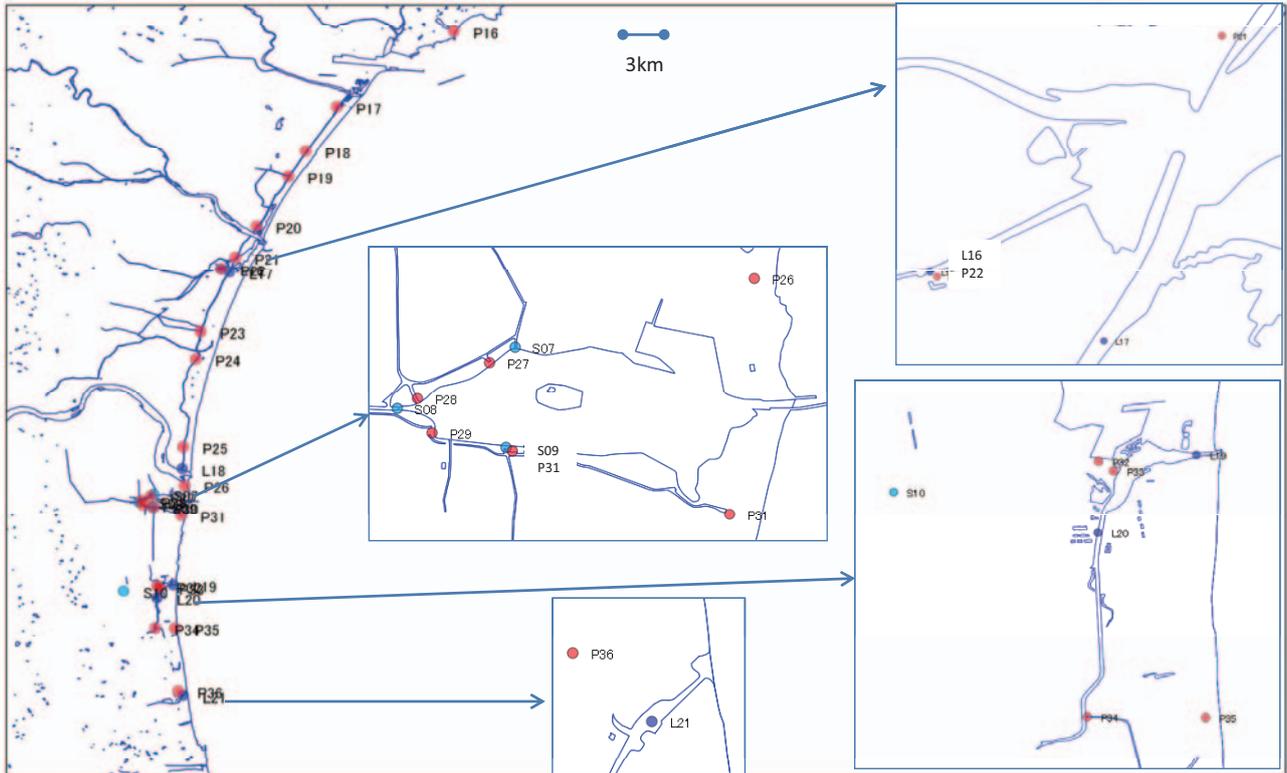
Appendix 6 大槌町, 釜石市, 大船渡市



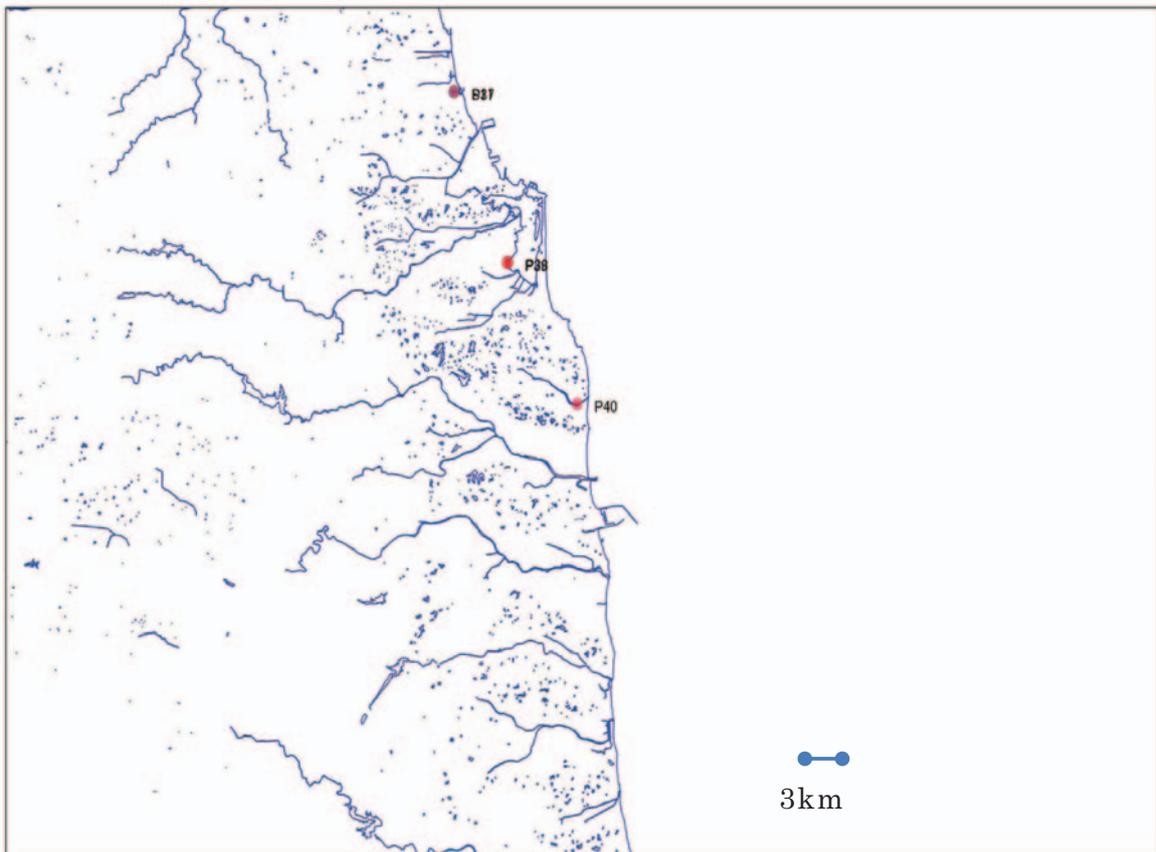
Appendix 7 石巻市, 東松島町



Appendix 8 仙台市, 名取市, 亶理町, 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