

水陸両用建設機械を用いた 能登半島地震被災漁港の復旧

一般社団法人全日本漁港建設協会会員

青木あすなる建設株式会社 内海了輔

目次

1. はじめに	8	至る経緯	11
2. 水陸両用建設機械の概要	8	4-2 赤神漁港・釧地漁港（輪島市／令和6年）	12
2-1 水陸両用ブルドーザ 43.5t級	8	4-3 狼煙漁港（珠洲市／令和7年）	12
2-2 水陸両用バックホウ 0.8m ³ 級、1.4m ³ 級	9	4-4 名舟漁港（輪島市／令和7年）	12
2-3 水陸両用クローラダンプ 7t積、11t積	10	4-5 応急復旧工事の事例（名舟漁港）	13
3. 施工手順と留意点	10	4-6 振り返って	14
3-1 事前調査	10	5. 「未来の水中工事」について	14
3-2 着工準備	11	5-1 水中施工ロボットの実証の取り組み	14
4. 能登半島地震によって被災した漁港の復旧	11	5-2 解決したい社会課題と未来の水中工事	15
4-1 漁港被災の概要と水陸両用建設機械活用に		6. おわりに	15

1. はじめに

当社が保有する水陸両用ブルドーザやバックホウ、クローラダンプなどの水陸両用建設機械は、陸上機械や浚渫船による施工が困難な浅水域を対象とする建設機械である。水陸両用ブルドーザの誕生は50年以上前に遡り、これまで漁場造成、漁港泊地・航路浚渫、河道掘削、ダム堆砂除去、災害復旧工事などで1,200件以上の施工実績があり、特に、近年では防災・減災対策や自然災害時の復旧工事での有効な工法として着目されている。

本稿では、水陸両用建設機械の概要と特徴、適用条件や作業能力、事前調査から着工までのフローや施工手順等を説明するとともに、能登半島地震によって被災した漁港の応急復旧工事を紹介する。さらに、これまでの経験と実績を踏まえ、昨今の激甚化・頻発化する自然災害や建設業界の人手不足等の社会課題に対応するために開発を構想し、大阪・関西万博にコマツと共同で出展した「水中施工ロボット」のコンセプトと「未来の水中工事」の展望も紹介する。

2. 水陸両用建設機械の概要

2-1 水陸両用ブルドーザ 43.5t級

水陸両用ブルドーザは、水深7mまでの浅水域を作業領域とする特殊な建設機械である（写真－1）。オペレータは機械に搭乗せず、無線遠隔操縦装置（ラジコン）を用いて操作する。なお、オペレータと機械までの制御有効距離は、見通し可能な条件で100m以内としている。

コマツは1971（昭和46）年に無線遠隔操縦式の水陸両用ブルドーザ（D155W-1型）の量産を開始し、当社は1号機を含む17台を導入し



写真－1 水陸両用ブルドーザD155W-1型

た。現在も5台が稼働しており、この5台が国内に現存する全てである。

主に水中部の掘削押土作業、油圧リッパ装置による岩盤破碎作業、また、災害復旧作業等で幅広く適用される。

大型の排土板に装着されたエプロン装置(平積 3.36m^3)により、掘削土を拡散させることなく水中掘削押土作業が可能である(写真-2)。



写真-2 エプロン装置と排土板

河床・湖底等の水底を走行し排土板で面的に仕上げるため、浚渫船上からバケットを使用する施工に比べ掘削精度が高く、余掘り量が少なく経済的である。

仮設備を必要とせず、水中の施工箇所に自走により進入でき、急な増水時には自走で退避可能であるなどの機動力が特徴である。

近年には、オペレータの操作を支援するために、 360° プリズムと自動追尾型トータルステーションを組み合わせたマシンガイダンス機能等のICT機能を付加し、2022(令和4)年8月に「ICT施工対応の水陸両用ブルドーザ工法」としてNETIS登録された(NETIS登録番号:QS-220011-VE)(図-1)。



図-1 水陸両用ブルドーザに取り付けた 360° プリズム(写真左上)を自動追尾するトータルステーション

これまでは、オペレータの目視により、機体に塗装された目盛りと施工中の水位の相関

によって現在の地盤高を認識し、吸排気塔の傾きやエンジン音や排気煙等によって水底の地形を想定して掘削していた(写真-3)。また、荒天時やオペレータと機械との隔離が大きいと正確な高さや位置が判断しにくい等の課題があったが、この技術を導入することでこれら課題の解消に役立っている。



写真-3 従来の水陸両用ブルドーザ工法

2-2 水陸両用バックホウ 0.8 m^3 級、1.4 m^3 級

水陸両用バックホウは、陸上用のバックホウをベースに、上部旋回体と下部走行体の間に円柱状の部材(エクステンションコラム)を装備して嵩上げするとともに、水密化、油圧系統等の改良を施した建設機械である。バケット容量は0.8 m^3 級、1.4 m^3 級の2機種があり、いずれも最大作業水深1.5mである(写真-4)。

また、ブレーカを装着し、水中部での岩盤破碎作業も可能となっている。



写真-4 水陸両用バックホウと水陸両用クローラダンプ

なお、1.4 m^3 級については、3次元マシンガイダンス機能を搭載しており、付属のモニタ上で自機位置や掘削計画面までの深さなどが数値で確認できる(図-2、写真-5)。また、バケット刃先の軌跡を施工履歴データとして取得することができ、これを蓄積していくことで施工進捗管理等に活用できる。

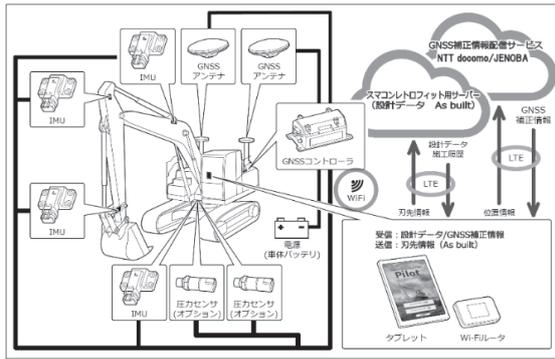


図-2 3次元マシンガイダンス概要図



写真-5 モニタ画面

2-3 水陸両用クローラダンプ 7t積、11t積

水陸両用クローラダンプは、運転席と荷台（ベッセル）を擁した上部旋回体の一部を水密化し、油圧系統等の改良を施した建設機械で、積載量7t積（最大作業水深1.3m）、11t積（鉄クローラ仕様、同1.4m）（写真-4）に加え、今年度より水陸両用バックホウと同様にエクステンションコラムを装着した11t積（ゴムクローラ仕様、同1.5m）も増車した（写真-6）。



写真-6 水陸両用クローラダンプ11t積（ゴムクローラ仕様）

3. 施工手順と留意点

3-1 事前調査

(1) 水底調査

水陸両用建設機械は、粘土・シルト等の軟

弱地盤ではトラフィカビリティを確保できず施工できない。そのため、水底の土層の性状や水深、不陸の有無等の調査を実施する。

調査方法は、当社職員2～3名が潜水具を着用して水の中に入り、水底に検土杖を挿入して、その時の反力や手に伝わる感覚および採取した土で土層の性状を想定し、その箇所の水深もスタッフで測定する（写真-7）。測定後は、調査ポイントごとの想定土質や水深を取り纏め、施工可否を総合的に判断する（図-3）。

なお、水陸両用ブルドーザのトラフィカビリティは、N値5-7程度以上を目安としている。



写真-7 地質調査作業の様子

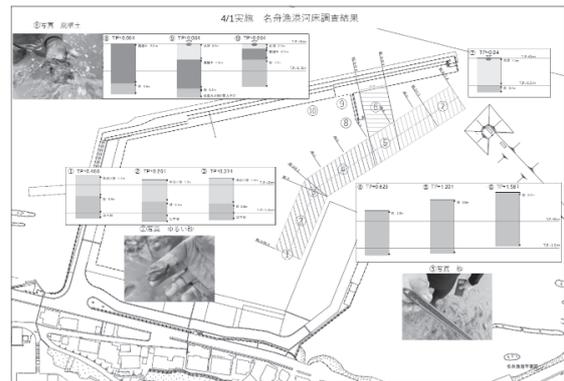


図-3 地質調査結果例

(2) アクセス・作業ヤードの確認

水陸両用建設機械は低床トレーラや平ボディトラックで現場まで輸送するため、整備工場から現場までのルートと現場進入口の道路幅員、上空の障害物の有無等を現地で確認する。能登半島地震後は多くの箇所で通行止めや片側交互走行といった規制が発生したため、より慎重な確認が必要であった。

また、水陸両用ブルドーザは分解して輸送するため、組立用ヤードも確認する。

(3) その他現場条件の確認

施工場所の気象状況（風向、風速、潮位、潮流、流速等）の確認も必要である。工事関

係者からのヒアリングはもちろんのこと、例えば漁港の場合では地元の漁師から情報収集を図ることも重要である。

その他にも、水陸両用建設機械による施工で発生しうる汚濁による周辺生態系への影響の有無や、現場周辺の住環境への影響（騒音、振動等）や、漁港であれば漁船の航路や係留索の状況（施工に影響があれば撤去可否の確認）についても確認を行う。

3-2 着工準備

工事着手に先立ち、施工範囲の深浅測量を実施し、掘削範囲、掘削土量を監督員と協議のうえ決定する。さらに、施工範囲を浮標（旗）等で明示するとともに、掘削高さを管理する水位標を設置する（写真一8）。



写真一8 浮標・水位標

水陸両用ブルドーザは分解し、低床トレーラ30t積1台と平ボディトラック10t積2台を用いて輸送する。組立には2日を要し、ラフテレーンクレーン25tを用いて行う。機械の組立スペースとして少なくとも20m×20m程度を要する（写真一9）。



写真一9 水陸両用ブルドーザ組立の様子

また、ICT施工を実施する際には、要求された施工精度を確保するために、水陸両用ブルドーザ、水陸両用バックホウともに事前にICT機器の調整作業（キャリブレーション）と精度確認作業が必要となる（図一4、写真一10）。



図一4 精度確認作業(水陸両用ブルドーザ)



写真一10 精度確認作業(水陸両用バックホウ)

4. 能登半島地震によって被災した漁港の復旧

4-1 漁港被災の概要と水陸両用建設機械活用に至る経緯

令和6年1月1日に発生した「令和6年能登半島地震」は、地震の規模マグニチュード7.6、震源の深さ約16km、最大震度7を志賀町、輪島市で、震度6強を七尾市、珠洲市、穴水町、能登町で観測するなど、石川県内全域で非常に激しい揺れを観測した。さらに津波・火災・土砂災害なども発生し、人的被害のほかライフラインの寸断など甚大な被害をもたらした。また、能登外浦地域を中心に多くの漁港が隆起による海底の露出や水深不足等によって出漁できなくなり、一刻も早い復旧が望まれた。

当社は、発災直後から水陸両用建設機械の特性が復旧に役立つと想定して、現地踏査や情報収集を行い、令和6年3月以降は、一般社団法人全日本漁港建設協会、市管理漁港の復旧を支援する水産土木建設技術センターとの情報交換により具体的なニーズを確認しつつ、本格的な現地調査を行い、水陸両用建設

機械による施工を具体的に検討した。

その結果、令和6年には赤神漁港・劔地漁港（いずれも輪島市）の応急復旧工事を行うこととなった。工事内容は、数十cmから1m程度の浚渫によって、最低限の漁船航路を確保するものであったが、浚渫船では水深が浅く他の復旧工事との重複で調達も困難であったことから、施工方法の選定が大きな課題となっていた。

令和7年には、被災状況や県土木・市からの要望を受けて検討した結果、狼煙漁港（珠洲市）と名舟漁港（輪島市）の復旧工事を行うこととなった（図-5）。名舟漁港は、令和6年9月下旬に発生した「令和6年9月能登半島豪雨」により土砂が流入し、被害がさらに拡大している状況であった。

以下に、上記4漁港の工事概要を示すとともに、名舟漁港（輪島市）の応急復旧工事の詳細を紹介する。

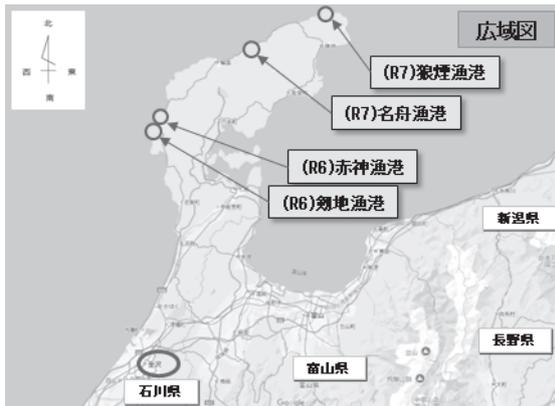


図-5 広域図(Google Mapに加筆)

4-2 赤神漁港・劔地漁港（輪島市／令和6年）

- ・ 工事名称：令和6年度 令和6年災 赤神漁港・劔地漁港応急復旧工事（海上部）
- ・ 発注機関名：輪島市産業部農林水産課
- ・ 工事場所：石川県輪島市門前町赤神 地先
石川県輪島市門前町劔地 地先
- ・ 工事期間：令和6年6月19日～10月31日
- ・ 工事内容：
水陸両用バックホウ＋水陸両用クローラダンプ

赤神漁港 浚渫工V=4,840m³（図-6）

劔地漁港 浚渫工V=1,900m³（図-7）

- ・ 漁再開日：赤神漁港 令和6年9月7日
劔地漁港 令和6年10月23日

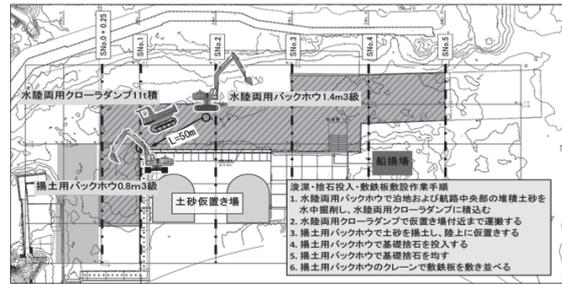


図-6 赤神漁港施工概要図

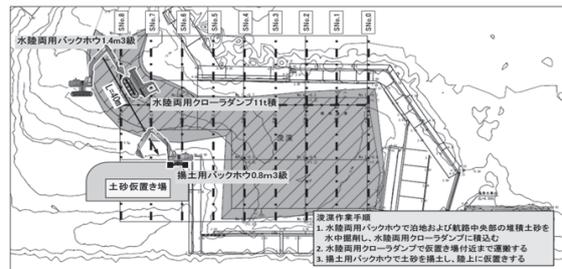


図-7 劔地漁港施工概要図

4-3 狼煙漁港（珠洲市／令和7年）

- ・ 工事名称：6災 狼煙漁港（折戸地区）災害復旧工事（応急本工事）
- ・ 発注機関名：石川県奥能登土木総合事務所 珠洲土木事務所
- ・ 工事場所：石川県珠洲市折戸町 地先
- ・ 工事期間：令和7年3月1日～5月31日
- ・ 受注業者名：株式会社喜多組
- ・ 工事内容：
水陸両用ブルドーザ 浚渫工（土砂）1,240m³
水陸両用バックホウ＋水陸両用クローラダンプ浚渫工（土砂）1,430m³
浚渫工（岩）430m³（図-8）
- ・ 漁再開日：令和7年6月28日

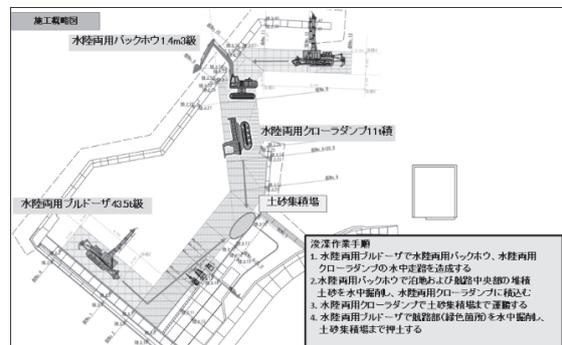


図-8 狼煙漁港施工概要図

4-4 名舟漁港（輪島市／令和7年）

- ・ 工事名称：令和6年度 令和6年災 名舟漁港応急復旧工事
- ・ 発注機関名：輪島市産業部農林水産課

- ・工事場所：石川県輪島市名舟町 地先
- ・工事期間：令和7年4月1日～5月31日
- ・受注業者名：株式会社喜多組
- ・工事内容：
 - 水陸両用ブルドーザ 浚渫工(土砂)4,080m³
 - 水陸両用バックホウ+水陸両用クローラダンプ浚渫工(土砂)9,080m³ (図-9)
- ・漁再開日：令和7年7月3日



図-9 名舟漁港施工概要図

4-5 応急復旧工事の事例(名舟漁港)

以下に名舟漁港(輪島市)の応急復旧工事の詳細について紹介する。

能登半島地震の影響で名舟漁港では2.2mほど海底が隆起したと見られ¹⁾、水深が不足し、多くの船が出航できない状況となった。さらに、前述した令和6年9月下旬の豪雨(令和6年9月能登半島豪雨)で隣接する河川が氾濫して港内に多くの流木や土砂などが流入し、航路および泊地の多くが陸地化する状況となった(写真-11)。



写真-11 名舟漁港(施工前・ドローン空撮)

航路および泊地の水深1.5mを確保したい、そして「一刻も早く漁に出たい」という輪島市のご要望もあり、水陸両用ブルドーザも投入して3台体制(ブルドーザ・バックホウ・クローラダンプ)で対応することとした。

浚渫は、水陸両用ブルドーザで掘削押土、水陸両用バックホウで掘削積込、水陸両用ク

ローラダンプで土砂集積場まで運搬することとした。施工方法の概要は、以下のとおりである(図-10、図-11)。

- ①水深が深い箇所(図-10(a)範囲)については、水陸両用ブルドーザで集積箇所まで土砂を掘削・押土。水深が浅い箇所(同(b)範囲)については、水陸両用バックホウで掘削。
- ②①で集積された土砂を水陸両用バックホウで水陸両用クローラダンプに積込み(写真-12)。
- ③水陸両用クローラダンプで土砂仮置き箇所まで土砂を運搬。
- ④揚土用バックホウで土砂を陸上に仮置き。

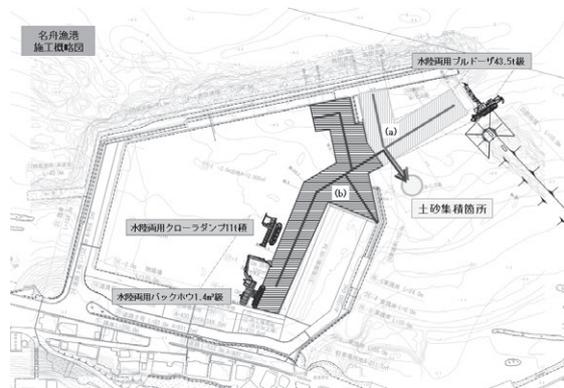


図-10 名舟漁港 施工計画図



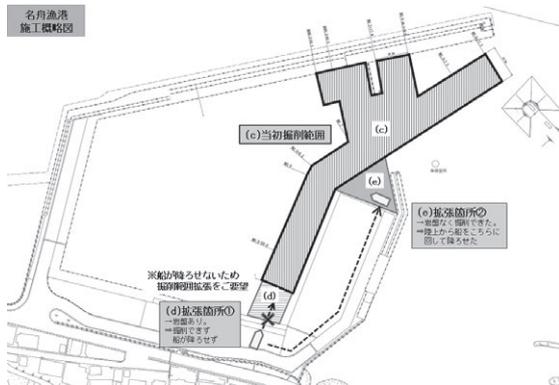
図-11 施工方法



写真-12 施工写真(名舟漁港)

当初範囲は泊地の途中までであったが(図-12(c)範囲)、一部の船が海に降ろせないことがわかり、現場にて漁港利用者から掘削範囲の拡張を依頼された(図-12(d)範囲)。その場で元請・発注者とも協議して範囲拡張が決まったものの、掘削を始めるとすぐに岩盤が表れて水深1.5mが確保できないことが判明した。そこで漁港利用者からの「別

の箇所（図－12(e)範囲）を掘削してもらえれば船が降ろせる」という提案を受けて再び現場で協議して実行に移し、無事に船が降ろせることとなった。



図－12 名舟漁港施工範囲の変遷

このように関係者と緊密に連携することで短い工期の中でも漁港利用者の要望に応えることができた。なお、工事完了後、この漁港利用者から「地震後1年半も漁に出られなかったのが、ようやく漁に出られて嬉しい」という喜びと感謝の言葉を頂戴することができた（写真－13）。



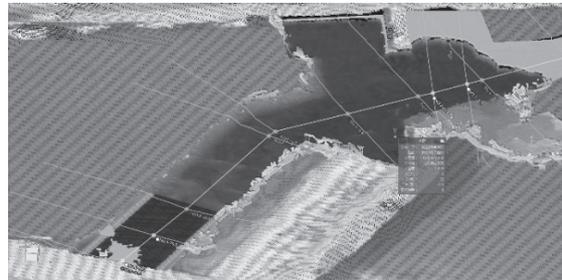
写真－13 名舟漁港(施工後)

4-6 振り返って

これら工事は県土木あるいは輪島市管理の漁港においてようやく始まった応急復旧工事ということで、地元の漁業者や関係者から漁業再開を期待する熱い思いを多く頂戴していた。それらに応えるべく、関係者と当社・元請・発注者が一体となって密に連携を取りながら迅速かつ全力で工事に取り組みました。工期内に工事を完了することができた。

また、従来は音波探査や潜水土によるレベル測量で出来形管理を実施していたが、マシンガイダンスシステムを搭載したバックホウにて施工履歴データを取得・蓄積していくこ

とで施工進捗の管理を試験的に実施した。結果としては、水中施工でも陸上施工と同様に施工履歴データが取得でき、施工の「見える化」ができた（写真－14）。今後も水中施工における進捗管理の手法として標準化していきたい。



写真－14 施工履歴データ(名舟漁港)

5. 「未来の水中工事」について

5-1 水中施工ロボットの実証の取り組み

前述した通り、水陸両用ブルドーザは操作に極めて熟練を要する。今後、オペレータの高齢化・後継者不足が想定されるため、後継者育成のほか、効率化・省人化を図ることが喫緊の課題である。また、極めて古い機械である水陸両用ブルドーザの整備・維持は限界を迎えつつある。そのような中、当社はコマツと共同して最新テクノロジーを搭載した水中施工ロボットの実証に取り組んでいる（写真－15）。



写真－15 水陸両用ブルドーザ(写真左)と実証中の水中施工ロボットのコンセプトマシン(写真右)

水中施工ロボットの動力は電気駆動で大型のリチウムイオンバッテリーを搭載する。無線遠隔操縦式で、最新のICT機能を備える。最大許容水深50mを視野に開発が進められている。これまでにコンセプトマシンによる実証実験を河川や港湾で行い、基本性能を確認した。

5-2 解決したい社会課題と未来の水中工事

「気候変動・地球温暖化等により激甚化・頻発化する自然災害」や「少子高齢化・担い手不足」等の社会課題を解決する手段の一つとして、最新のテクノロジーを搭載した水中施工ロボットによる「未来の水中工事」を提案したい。

未来の水中工事では、グリーンレーザ等の3次元測量で現況データを取得後、設計データや施工履歴データ、現場条件や気象情報等のビッグデータを組合せ、AI解析で最適化した工事計画を作成する。この計画に基づき、遠く離れた安全・快適なオフィスから水中施工ロボットを遠隔操縦して水中工事を行う(図-13)。

水中施工ロボットは、自動制御された排土板が上下に動き、お掃除ロボットのように自律的に走行し効率的に水中での作業を行う。このためオペレータは熟練した操縦技術を必要としない。誰もが安全かつ容易にどこからでも遠隔操縦可能なことから、これまで建設業に関わりの少なかった女性や身体の不自由な方の活躍等、多様な働き方により「少子高齢化、担い手不足」の解決につながると考えている。



図-13 快適なオフィスから水中工事のイメージ

当社は1971年より50余年、水陸両用ブルドーザを駆使して水中工事を進めてきた。そして今、水中施工ロボットに生まれ変わろうとコマツと共同で開発を進めている。最新技術で社会課題を解決する「未来の水中工事」により、気候変動への対応、少子高齢化・担い手不足への対応、SDGs達成、Society5.0の実現に貢献したいと考えている。

6. おわりに

今回の漁港復旧工事では、当社の技術の高さと水陸両用建設機械の有用性が認められた。特に狼煙漁港や名舟漁港のように水陸両用ブルドーザ、水陸両用バックホウ、水陸両用クローラダンプを組み合わせることで工期の短縮も図ることができた。こういった選択もできることで、今後継続する漁港復旧においても柔軟に対応していきたいと考える。また、水陸両用ブルドーザや水陸両用バックホウ1.4m³級や水陸両用クローラダンプ11t積(ゴムクローラ仕様)はコマツ製であり、これら機械のふるさとである石川県の復旧に、今後も貢献したいと強く思う次第である。

改めて、この度の災害により被災された方々に心よりお見舞い申し上げるとともに、皆様のご健康・ご安全と被災地の日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。当社としても被災地の復興に少しでもお役に立てるよう努力して参る所存である。

参考文献

- 1) 「能登の水産関係港の復興方針」(令和6年8月、能登の水産関係港の復興に向けた協議会)