

浸水住宅復旧用、泥土バキューマーの開発

薬師寺 輝敏

機械工学科

近年、地球温暖化の影響でわが国でも大雨やゲリラ豪雨、台風などにより風水害が増加傾向にある¹⁾。それらにより多発する住宅の浸水被害の復旧は災害ボランティア等の人力に頼ることになる。令和2年7月6日から大雨による大分川の氾濫に伴う水害²⁾の際には、機械工学科材料力学研究室学生5名とともに由布市狭間町の瓦工場の復旧作業を手伝った。床面には水を含んだ非常に細かい粒子の泥が、厚さ15cm程堆積していた。緩い羊糞のような感じのこの泥を、我々はスコップで一輪車に積み込み20m程離れた河原に捨てる作業を延々と繰り返した(図1)。学生たちはこの時、人力による泥土処理の大変さを痛感した。そこで、5年前期の必修科目エンジニアリングデザインのテーマとして浸水した家屋の汚水・泥土を楽に排出処理するための装置の開発を掲げ取り組んだが、前期だけの時間内では完成に至らず、結局、佐藤初秀君(現 矢崎総業)が卒業研究のテーマとして引継ぎ制作を行った。佐藤君の努力で汚水を連続的に吸い出す装置は完成したが、泥土を効率よく処理するところまでには至らなかった。次の年、石崎雄大君が泥土専用のスコップ式吸引ヘッドを製作し一応の完成をみた。本報告では、泥土バキューマーの制作過程と性能について記述し、より多くの場面での活躍を期待するものである。

キーワード：床下浸水、水害、汚水、汚泥、泥土処置、吸引機、連続排水

1. 水害復旧の現状

令和5年に行われた水害サミット³⁾によれば、泥処理に関して清掃の場面に応じた作業用機械を使用することを提言している。体育館、学校の教室等の清掃には、消防ポンプの使用が有効で、清掃が短時間で済み、後の復旧も安価であるとしている。道路施設、下水道施設、住宅などに流入した土砂の撤去には、下水道管路清掃車が有効である。流出土砂はヘドロ状なので、強力吸引車を導入すれば作業効率が上がるとも記されている。大規模な災害の際、一般家庭の水害復旧に強力吸引車が導入できる可能性は低く、掃除機並みの手軽な泥土吸引装置が強く求められると思われる。

2. 制作装置の目標スペック

制作する装置は以下のような性能を持つこととした。

- (1) 泥土を含んだ水を毎分50L以上吸引し、10m先に運搬排出が出来る。
- (2) 直径10mm以下の小石が混ざる泥土も処理することが出来る。
- (3) ある程度乾いた泥も水と混合して吸引処理できる。
- (4) 一般の掃除機で吸い取ったのと同じ程度に仕上がる。



図1 学生による水害復旧ボランティア

- (5) 人の手で持ち運べる重さ・大きさ(15kg以内)
- (6) トラブルなく長い時間連続的に吸引・排出が出来る。
- (7) 電源や水道のない所でも作業が可能

2. 装置の原理

図2に制作する装置の構造図を示す。すでに乾湿両用の掃除機が市販されているが、業務用でも内容量が少なく、短時間しか吸引することは出来ないので、掃除機とは別に吸引物を貯蔵する中間タンクを設け、その中に排



図 2 装置の構造図

水用の水中ポンプを設置して吸引をしながら排出ができる構造となっている。掃除機には空気だけが流入するので、長時間の運転が可能となる。泥土は吸引しにくいので、給水用のポンプを使って吸引ヘッドの部分に水を供給し、水と泥土を混合した状態にして吸い上げる。電源がダウンしている場合に備え、1.8kWの小型発電機も用意した。

3. 各部の製作と結果

3.1 汚泥水吸引機 汚泥水吸引装置には乾湿両用掃除機であるニルフィックスの AERO 21-01 PC を用いた。泥土水が掃除機に流れ込まないように、中間タンクからの配管はタンク上方から垂直に引き出し、タンクふたの部分には泥土水遮断板を取り付けた。また、万一泥土水が掃除機に流れ込んだ場合でもフィルターに泥水が当たらないように、空気流入側にフィルターカバーを付けた。さらに掃除機のタンク部分に監視窓をつけ泥土水の侵入が検知できるようにした(図3)。掃除機の仕様を表1に示す。ここで揚程と吸い込み量はカタログ値ではなく実際に水を吸って計測した値である。

表 1 掃除機およびポンプの仕様

	AREO 21-01 PC	OM3	FP-10S
Power supply	Single 100V 60Hz	Single 100V 60Hz	Single 100V 60Hz
Lift (m)	3.5	4	7
Discharge amount (L/min)	72	100	80
Weight (kg)	7.5	5.9	3.4
Bore (mm)	30.5	32	15/25
Power consumption (W)	1200	320	160

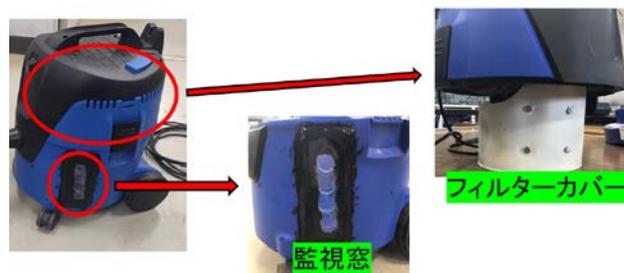


図 3 掃除機の改良



図 4 つぶれた中間貯蔵タンクと補強リブ

3.2 中間貯蔵タンク 中間貯蔵タンクはコダマ樹脂工業株式会社の POM-60 を用いた。しっかり蓋を閉めるための金具がついており、水中ポンプが十分に入る大きさであるが、樹脂製で軽いのでこれを選定した。このタンクに掃除機を接続して中の空気を抜いたところ、タンクが負圧に耐えきれず、つぶれてしまうトラブルがあったので、図4に示すように内側に補強リブを取り付けた。泥土水吸引口と排水口はタンクの曲率に合わせたスペーサを3Dプリンタで製作し、フランジを取り付けた。排水ホースの連結部は町田式のカップリングにしてワンタッチで着脱できるようにした。

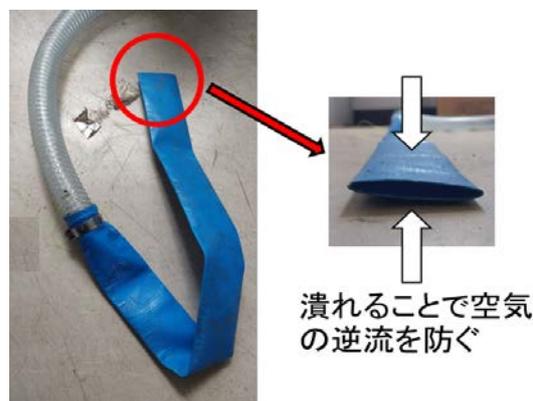


図 5 排出ホースの先端

3.3 タンク内汚泥水排出装置 中間貯蔵タンク内の汚泥水を排出する水中ポンプは、吸引掃除機を上回る揚程および排出量が要求され、直径10mm程度の小石も吸い上

げる性能が必要となる。排出用ポンプにはツルミポンプのOM3を用いた。排出ポンプの仕様を表1に示す。中間貯蔵タンク内に汚水が無いとき水中ポンプは揚程が無くなるので排水ホース側から空気が流入してヘッドからの吸引が出来なくなる。これを防止するために、排水ホースの先端にはフレキシブルな部分を設け、負圧でつぶれることで空気の逆流を防止するようにした(図5)。

3.4 吸引ヘッド 泥土を効率よく処理するためには水と混合して泥土水にして吸引することが大切である。そこで吸引ヘッドには水を供給するホースを取り付けた。水の供給は水道を利用するが、水道が被害を受けている場合を想定して水中ポンプ(ツルミポンプFP-10S)を準備した。ポンプの仕様を表1に示す。大野川の河口から採取した泥を用いて吸引の実験を行い、最適なヘッド形状を模索した。最初の段階では3Dプリンタで自作した掃除機型ヘッドを使用して吸引実験を行ったが、ホースに汚泥が詰まってしまうと吸引できない結果となった。供給水量が少ないことと、吸い込みホース径が小さい(内径32mm)ことでこのような現象が起こる。そこで吸引ホース内径を38mmにして市販の回転ブラシ付き掃除機ヘッドに給水パイプを取り付けての実験を行った(図6)。回転ブラシは本来空気圧で回転するが、今回それは望めないため、ゴム製のタイヤを取り付け、ヘッドを前後に動かすことでブラシを回転させる構造にした。しかし、ブラシを取り去ったほうが効率よく泥土水を吸引することが分かった。そこで、図7に示すような、ブラシのない市販の大型吸引ヘッドに、φ15mmからφ25mmに大径化した給水ホースを取り付けて実験を行った。その結果、泥を水に混ぜて吸い出し、中間貯蔵タンク内の水中ポンプで遠方に排出することに成功した。40L程の泥を水と混ぜて輸送するのに約1分程度の時間がかかった。基本的に掃除機であるので水たまりを残さずに仕上げる事が出来る。しかし、床面に堆積した硬めの泥の場合、水と混合するのに時間がかかる。このような場合のアイテムとしてスコップ型のヘッドを製作した。泥をすくい上げ、皿の上で水と混合して管に吸い込む仕組みである。このヘッドの性能はウォータージェットカッターの水槽底に堆積したガーネット粉を除去することで試した。最終仕上げは掃除機ヘッドが必要であるが、そこに堆積した重いガーネット粉も、ある程度の大きさのプラスチック切断くずも含めて吸い上げ除去することができた。

4. 災害への適応例

2021年8月11日から18日にかけて筑後川支流で内水氾濫が発生し、20日時点で、床上浸水518棟、床下浸水2194棟、道路被害254カ所が記録された⁴⁾。久留米市内に住まいを構える著者の友人宅も床下浸水に見舞われたと聞き、8月

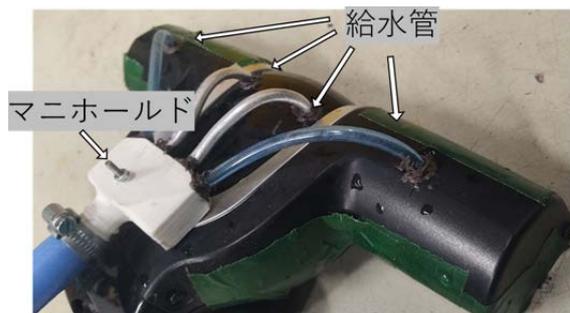


図6(a) ブラシ付きヘッドと給水管

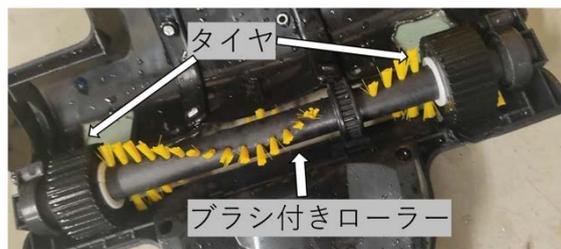


図6(b) ブラシと駆動タイヤ



図7 吸引ヘッド 最終形状

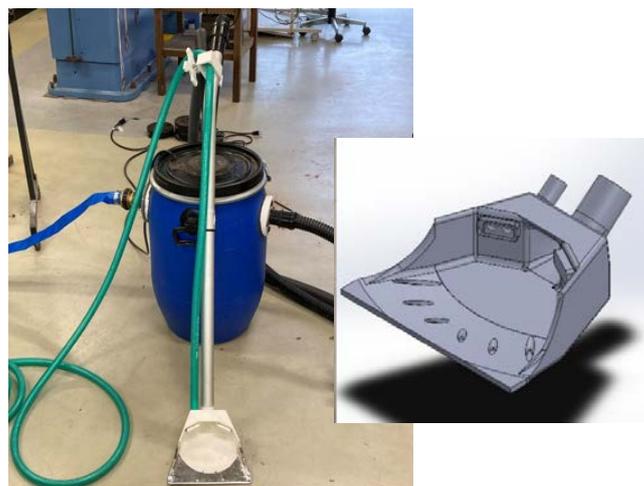


図8 スコップ型吸引ヘッドと中間貯蔵タンク



図9 床下浸水への対応

16日に装置を車に積んで救援に出かけた，新築の家屋床下に5cm程水が溜まっていたが，幸い泥は混入していなかったため，ヘッドに給水する必要が無いと判断し，通常の掃除機ヘッドを使うことにした．吸引掃除機や中間貯蔵タンクを床下に入れることができないので，吸引ヘッドと中間貯蔵タンクを繋ぐホースを13m程延長し，作業者が吸引ヘッドを持ち，一か所から床下に入り移動しながら水を吸い込む作業を行った．2時間ほどの作業の結果ほぼすべての水を排出することが出来た．

2022年9月20日台風14号通過の影響で大分高専専攻科棟エントランスホールおよび5M教室に大きな水たまりが発生していた．水たまりが一番深い場所で水深3cm程で，面積では教室床面の半分ほどに及んでいた．これも通常の掃除機ヘッドで対応した⁵⁾．

2023年10月27日大分高専機械工場で水道配管が破損したのに気づくのが遅くなり，配線ピットに水が満ちてあふれる状態にまでなっていた．危険なので電源を落とした後の排水作業となった．配線ピットは幅が20cm程しかないため，ヘッドを外しパイプのまま吸引を行った．

5. まとめ

洪水による家屋の浸水災害の普及はほとんどが手作業となり，多くの時間と人手を要する．このような災害は今後増加する傾向にあり，効率の良い作業が望まれる．本報告で示した泥土バキュームは少なくとも床面に堆積した水を連続的にきれいに吸い取り遠方に排出するのに有効である．実戦経験はないが，泥や細かい砂も水と混合して吸引排出が出来ることも確認している．構造は簡単なので同じような装置を大量に作れば大規模災害の復旧に役立つと思われる．今後は実戦での経験を積み，さらに使いやすく改良を続けることが必要であり，お役に立てる機会があれば出かけていきたいと考えている．

謝辞：今回の装置製造には佐藤初秀君，石崎雄大君の他に，当時の材料力学研究室学生，岩下健君，大窪沢季君，中島佑介君，原成実さん，中野幹太君，矢野誠人君が関わり積極的に取り組んでくれた，ここに記して感謝の意を表す．

参考文献

- 1) 気象庁：世界と日本の気候変動および温室効果ガス等の状況，気候変動監視レポート2022
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2022/pdf/ccmr2022_all.pdf
- 2) 令和2年7月豪雨に伴う出水の概要について，大分川・大野川水系流域治水競技会資料，令和2年9月11日
https://www.qsr.mlit.go.jp/oita/site_files/file/river_info/ryuiki_chisui/01/2.pdf
- 3) 災害復旧時の対応，衛生対策，泥処理はどうするのか，第18回水害サミットからの発言．令和5年6月6日
<https://www.mlit.go.jp/river/suigai/fukkyu/02/06.html>
- 4) 公報久留米（令和3年9月1日号）
https://www.3.city.kurume.fukuoka.jp/shisei/21_9_1/index.htm#pdf
- 5) 大分工業高等専門学校ホームページ，機械工学科
<https://youtu.be/N1e850sChuA>

(2024.9.3受付)