

Professional Report

国際平和貢献を目的とした 地雷除去機の開発

Development of Demining Equipment for the International Contribution

雨宮 清 Kiyoshi Amemiya

20世紀の戦争や内戦によって埋められた地雷は、いまだに世界各国の合計で6,000万～1億1,000万個(1998年度米国防務省の報告書)が埋設されていると言われ、現在も毎年2万人前後の人が被害にあっている。

このような背景の下、山梨日立建機株式会社は1995年から人道的支援の観点に立ち、国際平和貢献を目的としてプロジェクトチームを結成し、油圧ショベルの機能を利用して、地雷除去機の開発に着手した。

1997年からは、世界のトップ技術を有する日立建機株式会社と共同開発してきた。

現在、世界5か国で52台が地雷除去作業に活躍しており、さらに使いやすく効率的な地雷除去機の開発と提供を積極的に進めている。

雨宮 清

1970年有限会社峽東車輛工業所設立
現山梨日立建機株式会社 代表取締役
1995年から地雷除去機の開発に取り組み、現在、自走式地雷除去機の開発に従事



1 はじめに

1994年、筆者(山梨日立建機株式会社 雨宮清)は商用のため、カンボジアを訪問した。その際、地雷の被害にあった人たちの悲惨な状況を目の当たりにし、油圧ショベルを利用して対人地雷除去機が製作できないかと考えた。地雷処理をしている、国連機関とカンボジア政府が支援する地雷除去専門組織CMAC(Cambodian Mine Action Center:カンボジア地雷対策センター)のスタッフに確認すると、灌(かん)木、竹などの除去が最も困難であり、時間も掛かっていることが判明した。そこで、これらの樹木を効率的に処理できる地雷除去機の開発に着手したのである。

当時は、まだ地雷除去機は輸出規制品であったが、人道的な見地から開発をスタートした。その後、1997年に日本政府が「オタワ条約」に加盟したことで、地雷除去装置・探査装置を「武器輸出三原則」から除外することになり、本格的な開発が始まった。

ここでは、地雷除去機の開発と取り組みについて述べる。

2 開発の背景

世界の地雷原を見ると、中東・北アフリカに全体の約54%、東アジアに約21%、中央アフリカに約18%が埋設されているが、各国の土壌や埋設状況、地雷の種類、不発弾の混在などによって除去方法が異なる。カンボジアなど、東アジアの場合は対人地雷が多く、埋設された地雷が雨季に流れるために場所の確定が難しく、しかも地雷原の多くに草や灌木・葎(あし)・竹など(以下、ブッシュと言う。)が生い茂っており、これが対人地雷除去作業の妨げになっている。一方、中東・北アフリカなどの地雷原では、灌木などの前処理は少ないものの、対戦車地雷(ATM:Anti-Tank Mines)や不発弾(UXO:Unexploded Ordnance)が多く見られる。一口に地雷と言っても戦車の破壊を目的にした対戦車用地雷(火薬量:6~10kg)と、人を負傷させることを目的にした対人地雷(火薬量:50~250g)があり、さらに不発弾などが混在している場所もある。このような中、最大の課題は、東南アジアの地雷原に生い茂ったブッシュを効率よく処理するカッタの開発であった。



図1 代表的な対人地雷

M18A-1クレイモア(米国製)は、750個の鋼球が収納されており、1 kmで飛散する、最大級の指向性地雷である。

PMN-2(旧ソ連製)は、カンボジアに多く見られる。上から5 kgの荷重で爆破し、火薬量は115 gである。

3 開発の経過

1995年からのカンボジアの地雷原調査において、現場が求めているのは、作業時間の7割以上を占めるブッシュを前処理する効率的な機械であることが判明した。当時、カナダ製のブッシュカッタや国産の草刈り機などの製品が市場にあったが、いずれもカンボジアのブッシュを切断するには能力不足であった。この課題を解決するためには、効率のよい、独自のブッシュカッタを開発し、さ

らに切断したブッシュを片づける機能も必要と判断した。もちろん、オペレータの安全性や機械の耐久性は最重要必須項目であり、1998年にこれらを備えた油圧ショベル型対人地雷除去機の1号機を試作完成させた。

その後、機械の改良を進めるとともに5機種シリーズ製品と除去済みの安全地域を、GPS (Global Positioning System) を利用してマッピングするシステムや、機械の稼働履歴などを記録するシステムなどを日立建機と共同で開発してきた。

3.1 本体の開発と安全性の確認

油圧ショベルは人間の腕のような動きができることから、人の作業を機械化するには最適である。また、世界的に普及しており日本製品が圧倒的に性能もよく使いやすい。しかし地雷の爆破に耐えるような設計はまったくされていないため、全面的な見直しを施す必要があった。

対人地雷は約340種類あると言われているが、当時は、その種類や爆破能力もわからず、現地に行って調査する以外に方法はなかった(図1参照)。特にオペレータを守る運転席については、その強度や防弾性能に関する設計データもなく、試作して実機評価をせざるを得ない状況であった。

さらに、爆破時に機械各部が簡単に損傷しては、導入しても使われなくなってしまう。そこで高張力鋼と防弾ガラスで専用強化キャブ(運転室)を開発した。本体周囲や下面を防御するため、高張力鋼製カバーで二重化するなどの改良を加えている。特に、燃料タンクなどは火災を起こす可能性があることから十分な配慮を施した。

当時、日本国内の地雷はすべて破棄すること(オタワ条約)を決めており、当然、国内で対爆試験はできなかった。したがって、導入を期待していたCMACに協力を依頼し、爆破試験を実施した(図2参照)。



図2 カンボジアでの対人地雷爆破試験(1999年)

爆風型地雷OZM2による爆破試験状況(左)と、M18A-1クレイモアの爆破で被弾した運転席(右)を示す。

3.2 ロータリカッタの開発

CMACにおいては、1995年に他メーカーのブッシュカッタを採用した経験はあったが、調査したところ、使われていない状況であった。その理由は次のとおりである。

- (1) パワー不足で先端切断力が小さく止まってしまう。
- (2) カッタ部が脆（ぜい）弱で耐久性がない。
- (3) ブッシュ切断後の片づけ作業ができない。
- (4) 対人地雷に耐える強度がない。

そこで、これらの課題を解決するため、独自に研究開発を行った。

開発にあたっては、まず、カッタビットの研究が必要であった。草をきれいに刈れ、木も切れ、さらに土中の石に当たっても刃が欠けないなど、技術的計算だけでは設計が困難であり、試作テストを繰り返したため、現在の製品にたどり着くまでには、約4年半を要した。同様にカッタドラムや、軸受構造、必要トルクな

ども実験・評価・改善の繰り返しの連続であった。

3.3 除去システムの提案による普及活動

当初、カンボジアで研究開発してCMACの安全性評価に合格したこともあり、2000年にはアフガニスタンにも導入ができた。さらに外務省や関連団体などにも「前処理から地雷除去まで可能なシステム」として広報活動を進めた結果、2003年までロータリカッタ式除去機36台を納入することができた。

4 納入機の稼働状況

4.1 カンボジアでの稼働状況

カンボジアには、1975年から1990年までの内戦でポルポト派がタイ国境に逃れるときに埋めたとされる地雷が、国境沿いを中心に600万個あると言われている。また、ベトナム戦争当時の不発弾が、ベトナム国境側

地帯に約240万個散在している。これらの撤去をCMACが6ブロックに分かれ、総勢約3,000人規模で撤去を実施している。カンボジアには、道路の事情から16 t級の地雷除去機を2000年から納入し、現在25台がフル稼働している。当初の機械は、すでに約1万時間稼働している。機械はブッシュ処理、および対人地雷除去に使用されている(図3参照)。

4.2 アフガニスタンでの稼働状況

1998年から、アフガニスタンで地雷原調査を実施し、2000年に国連の支援により、国連アフガン地雷除去センター(UNMACA: United Nations Mine Action Center for Afghanistan)に20 tの地雷除去機を納入し、現地NGO(Non-Governmental Organization)組織が使用している。その後、性能などが認められ、2003年にはホイール走行型2台を追加で納入した。アフガニスタンにはブッシュは少なく、ほとんどがカッタによる対人地雷の直接処理で使用している。しかし、2001年の9.11米国同時多発テロによるアフガン戦争で、現在は対人地雷・対戦



図3 カンボジアでの地雷除去状況

生い茂った灌(かん)木を伐採処理する16 t級の対人地雷除去機(上)と、伐採後に探査機で探査し、人によって掘り起こして撤去する様子(下)を示す。



図4 ニカラグアでの稼働（左）と復興後の状況（右）

ニカラグアでは斜面でプッシュを処理しながら地雷を撤去した。復興後は野菜・コーヒー豆などが育てられている。

車地雷や不発弾が混在しており、ロータリカッタ式では不発弾などでの耐久性・安全性に不安があることから、さらに強化が必要となっている。

4.3 ニカラグア・ベトナムなどでの稼働状況

ニカラグアは、国境の山岳地帯23か所に約5万個の対人地雷がある。軍事政権下であることから、地雷除去は軍が実施している。2001年から20t級の除去機2台を納入し、プッシュを処理しながら対人地雷処理を実施してきたが、あと数年で撤去が終わる見通しである。撤去後のエリアは、現在、オレンジやコーヒー豆、高原野菜などを栽培して海外への輸出も行うことができるまでに経済復興を果たし（図4参照）、農業従事者の自立を図ることができ、ニカラグア国から感謝の親書も届いている。

ベトナムは、戦争終了後、経済発展を遂げてきている。これに伴う海岸側国道1号線の混雑解消のために、タイ・カンボジア国境側道路（旧ホーチミンルート）約1,700 kmの改修・拡幅工事が必要になった。

日本のODA（Official Development Assistance）予算での支援が決まったが、建設地帯は地雷原である。道路建設をする前に地雷を撤去する必要があった。そこに日立建機と山梨日立建機が提案した「地雷除去後にインフラ整備にも使用可能な機械」が認められ、採用された。2003年に27t級20台を納入し、地雷除去とインフラ整備に活用されている。

4.4 納入指導とアフターサービス

油圧ショベルをベースにした地雷除去機は、人手による作業に比べ、約20～30倍の仕事を安全にすることができる。しかし、高能率な機械も故障などで使用できなくなれば、まったくむだになる。これらの考えに基づき徹底した納入指導とアフターサービスを実施してきた。納入時には標準作業手順書（SOP：Standard Operation

Procedure）による安全な処理の方法の教育、運転指導と訓練、メンテナンス指導などを徹底して実施する。さらに、予備品の準備や管理方法などを含めてきめ細かく実施してきた。現地の整備能力で対応が困難な状況が発生した場合、連絡を受けたら直ちに修理のために納入国へ出向いて、常に早期対応を実施している。この体制が現地の信頼につながっている。したがって、納入後にかかる費用はきわめて大きく、請求も難しい。利益を追求していたのでは、このプロジェクトは達成することができない（図5参照）。



図5 現地納入指導（上）と修理状況（下）

運転指導やメンテナンス指導のほかに、納入時の作業手順についても教育を行っている。また、現地修理は、できるだけ現地のメカニックに体験させながら実施している。

5 新規技術の開発

5.1 新規技術開発の必要性

2003年までにロータリカッタ式地雷除去機を世界5か国に36台納入した。現在も、すべて順調に稼働し、各地で活躍している。しかし、以下の課題に直面している。

カンボジアでは、地雷原の危険度、地雷埋設量に応じてCMACが地雷原を3区分に分けている。

(1) Confirmed minefield：間違いなく相当な数量の地雷が埋設されていることが確認されている場所

(2) Suspected minefield：地雷が埋設されたままになっていると見做されている場所

(3) Residual minefield：少量ながら地雷が埋設されたままになっていると見做された場所

現状では、(2)と(3)が全体の60%を占めている。CMACの除去作業は、これまで(1)の地域を中心に進められてきた。近年、灌木除去機の本格的な導入により、除去作業のスピードも速くなってきて、処理面積(完全除去)が、例えば2005年度は2,500人のデマイナー

によって1年間に25 km²になっている。

今後、全体の60%を占めている広大な地域の(2)と(3)の地雷除去のスピードアップによる効率化を図る必要がある。さらに不発弾の多いベトナム国境沿い地帯の地雷除去も進めていかなければならない。

アフガニスタンなどでは、長年の内戦により、対人地雷、対戦車地雷、不発弾などの混在地帯が多くあり、耐爆性、耐久性がさらに高く、効率的な地雷除去機の開発が必要不可欠となってきている。

5.2 探査技術の研究

地雷の探査は、一般的には金属探知器などを用い、人力によって実施されることが多い。しかし、埋設されている地雷の深さや種類によっては検出することが難しく、国内でも探査技術の開発に積極的な研究支援を実施している。

このような中、当社はカタで対人地雷原を全面処理する方法を提案してきた。この場合、最終確認は「訓練された地雷探知犬」で行われるケースが多い。

ところが、不発弾などの混在している地雷原において、万一間違っただけでカタで不発弾を処理した場合は、爆発による物的・人的被害の危険性が考えられる。

そこで、2003年から探知器メーカーであるフジテコム株式会社と高性能地雷探知器を共同研究し、開発してきた。この探知器は、磁気を利用したパルスインダクション方式で、対人地雷から不発弾・対戦車地雷まで幅広く探知可能であり、主に不発弾や対戦車地雷を事前探査する目的で、2006年にニカラグアへ製品として納入した(図6参照)。

5.3 地雷除去作業の効率化と耐久性の向上

納入各国からは地雷除去作業のスピードアップと耐久性の向上を強く望まれている。そのためには機械の大型化による効率向上や、耐久性の研究が重要である。そこで2003年から国の開発支援も受け、30 t級地雷除去機の開発とフレールハンマー式除去機の研究を開始した。フレールハンマー式は、回転シャフトの周囲に鎖とその先端に分銅を付け、高速回転によって地中の地雷を打撃し、爆破させる。爆破の際の風圧を受ける面積がドラム式に比べ約30%と小さく、対戦車地雷や不発弾などにも耐えるはずである。開発後の実験は、青森県の防衛庁下北試験場で10 kg級火薬を使い対爆試験を実施した。その後、改良を重ね、2005年には外務省の支援でアフガニスタンでの対爆試験、さらに2006年7月からはカンボジアで除去性能・対爆テストを繰り返

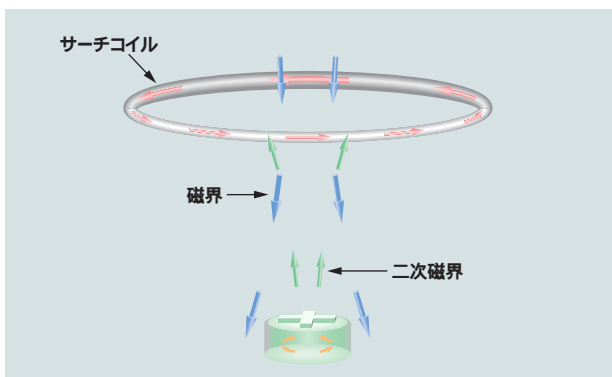


図6 探知器の基本メカニズム(上)と探知器付き除去機(下)

サーチコイルにパルス状の電流を流して磁界を発生させ、近傍の金属物に渦電流を流し、渦電流による二次磁界を検出して金属物を探査する。

探知器付き除去機には、先端のサーチヘッドに2組のサーチコイルとマーカ、キャビン内に表示・制御器が組み込まれている。

し実施して、ほぼ完成の段階にきている。従来型よりも約2倍の処理能力と、対戦車地雷や中型不発弾にも耐える除去機が完成する見通しである(図7参照)。

油圧ショベル型地雷除去機は、斜面や不整地でも現場の状況に合わせた処理ができることが最大の特徴である。

一方、カンボジアなどで比較的平坦(たん)地の場合には「走行しながら連続的に除去するタイプ」が有効である。2005年から独自の45 t級エンジン(235 kW)を搭載したパワフルで高能率なFV25型フレールハンマー式地雷除去機の開発を進めてきた。これはカンボジアのニーズに対応するもので、処理量目標は従来の4倍、約1,200 m³/hの処理を可能にすることである。これも現在30 t級と同様にカンボジアで耐久・対爆テストと除去性能の確認をしている(図8参照)。

5.4 安全性の追求

2003年に36台であったロータリカッタ式地雷除去機は、2006年には52台まで伸びており、同じ方式での地雷除去機では世界のトップシェアを誇っている。また、国内の他メーカーは研究をしているが、地雷原への納入実績は1台もない。ここまでこられたのは、地雷国現地の声聞いて常に製品の改良を実施してきたことと、安全面での事故が発生していないことが大きな要因である。どんなに性能のよい機械でも、安全面で問題が発生すれば一気に信頼をなくしてしまう。現在進めている大型タイプは、国内1回、海外2回の爆破試験を実施し、徹底的に安全を追求している。それでも想定外の不発弾などでの不安は、ぬぐいきれない。これからは機械だけに頼らない安全作業手順もあわせて確立していく必要がある。また、オペレータの爆破時の騒音などによる健康障害も確認していく予定である。

6 市場展開と今後の取り組み

6.1 普及促進活動

地雷除去は、手作業で行うと1,000年以上かかると言われている。また、いまだに埋められないで保存されている地雷が、埋設量の2倍以上もある。世界からこの「悪魔の兵器」がなくなることはないかもしれない。しかし、現実には、発展途上国において地雷の被害者は多く、世界中で、1日に72人が被害にあっており、その6割は子どもたちである。地雷原を復興しなければ生活も回復しない。先進国で平和を享受している日本が積極的に取り組んでいくべきテーマである。そのためには地雷で苦しんでいる国に、日立が開発した除去機を提供していくことが重要である。日立建機と山梨日立建機は、国への働き



図7 ZX330フレールハンマー式地雷除去機

油圧ショベルの先端にフレールハンマーを装備して、大型地雷での試験でも耐久性が確認された大型地雷除去機の外観を示す。



図8 FV25フレールハンマー式地雷除去機

大型地雷に耐え、走行しながら先端に装備した広幅型フレールハンマーで処理していく最新型地雷除去機の外観を示す。

かけ、地雷保有国へ出向いての現地調査や政府・大使館への働きかけを積極的に推進している。また、マスコミなどを通じ、その重要性をアピールして行く必要がある。そして、最も重要なことは、現場で実際に地雷除去活動を実施している「地雷処理センター」などへの提案活動である。機械の稼働現場への案内や国内へ招いての実機確認などを通じ、その有効性を確認してもらう必要がある。これら地道な活動で普及促進を図って行く予定である。この活動は、これまでも企業利益への貢献に至らず、これからも難しいと考えているが、日立建機と山梨日立建機の持つ技術力で社会に貢献したいと考え、積極的に取り組んでいく。

6.2 UD活動とCSR活動

油圧ショベルは、誰でも3日ほど実地訓練すれば運転ができる機械である。これが発展途上国においてもインフラ整備などで使われる要因でもある。この基本機能を生かした、誰でも簡単に使える機械の開発に心がけている。

簡単に運転できるレバー配置や、場合によっては片足が不自由な人でも使えるレバー装備が可能な設計など、UD（ユニバーサルデザイン）の思想を盛り込んでいる。

また同時に、できるだけ使いやすく、安全で効率的な地雷除去機を世界の地雷国に提供することにより、地雷による被害者をなくし、国土を回復し、その国がその国の人々の力で復興できるように手助けしていくことが企業としてのCSR（Corporate Social Responsibility：社会的責任）につながると考え、積極的に取り組んでいる。

製品を提供することも重要であるが、世界の地雷原で苦しんでいる人たちの状況を一般の人や子どもたちに伝え、取り組みの輪を広げていきたいと考えている。そのために国内において、学校や社会団体からの要請に基づき講演活動も積極的に対応し、年間平均17回ほど実施している。

6.3 平和で豊かな大地に

地雷除去活動は、地雷原の地雷を除去ただけで終わりにはならない。地雷除去後の土地が農地や学校用地に利用され、そこに暮らす住民たちの自立自活につながることで実を結ぶ。

ニカラグアでは前述したとおり、地雷除去後の土地でオレンジが栽培され、年間60万ケース、150万ドルの輸出ができるようになり、コーヒーや高原野菜の栽培も行われるようになった。

カンボジアでは、今年3月に5年ぶりに訪れたプレアブフア州の地雷除去後の土地に学校が建ち、農地や農業研



図9 復興された地雷原

現在は復興して畑になっているカンボジアの地雷原の様子を示す。

修所ができていた。地雷除去機の開発を始めて10年以上が経った今、やっと目に見える形になってきた。

地雷除去機の開発とともに地雷除去後の土地を利用し、住民の自立自活支援活動を積極的に推進して、子どもたちが裸足（はだし）で遊べる平和で豊かな大地を取り戻し、少しでも国際貢献に寄与できればと思っている（図9参照）。

7 おわりに

ここでは、地雷除去機の開発と取り組みの状況について述べた。

世界各地では、いまだにテロや戦争が続いている。日本にいと平和に対する意識が薄く、他人事と考えることが多い。しかし、世界の現実はいズ、テロ、貧困、それに地雷や不発弾などで苦しんでいる人がきわめて多い。日本は、モノづくりの分野において世界に誇れる技術を有する工業国である。日本だけでなく、世界と「共生」するためには、技術や能力を、世界で苦しんでいる人たちのために活用することが大切であり、企業が長く存続していくことにもつながると考える。地雷除去機の提供や支援活動は企業をあげての国際貢献である。企業として全力で取り組み「豊かな大地の復興」をめざしていきたい。

共同執筆者

生田正治

日立建機株式会社 商品開発事業部 開発企画室 所属

飯野能久

日立建機株式会社 CSR推進部 所属

北井 睦

日立建機株式会社 国際開発営業部 所属