

高圧水駆動カッターに関する検証 (第1報)

日比康友*, 高井啓安**, 野本秀和**, 神田淳*, 渡邊茂男**

概要

本検証は、総務省消防庁が主管する「消防防災科学技術研究推進制度」の助成資金を活用して、民間企業¹⁾と共同で検証したものである。エンジンカッターは、切断時に多量の火花が飛散するのでガソリン等の可燃性ガスが発生している現場、酸欠現場、水中等の現場などでは使用できないケースもあることから、そのような災害現場で活用できる高圧水駆動カッターの有効性について試作機により検証した。

検証の結果、エンジンカッターとほぼ同等の切断能力を有し、かつ、冷却水噴射装置により切断時に発生する火花を大幅に抑制する効果が認められた。

1 はじめに

内燃機関を動力源としたエンジンカッターは、様々な災害現場で活用できる破壊器具の一つであるが、平成17年4月に発生したJR福知山線列車脱線事故現場では、災害に巻き込まれたマンション1階駐車場の自動車からガソリンが漏洩したため、切断時に火花を発生させるエンジンカッター等の破壊器具が使用できない²⁾など、救助活動に大きな影響を及ぼした。

また、火災現場で酸素濃度が低下している酸欠雰囲気下ではエンジンが始動できない等により、バッテリー及びバッテリードリルが各消防署に整備されたが、防水構造ではないため放水環境下や水災時等では使用できないケースがある。

このように、ガソリン等の可燃性ガスが発生している現場、火災により濃煙が充満した酸欠現場、水災時や水中活動現場等、多用途に活用できる資器材として開発された「高圧水駆動カッター」について、その有効性を検証した。

2 高圧水駆動カッターの概略

(1) 機器概略

高圧水駆動カッター³⁾は、消防が現有しているポンプ車から1.5MPa、毎分380Lで送水される水流エネルギーで駆動するモーターを動力源とし、ベルトを介して切断刃を回転させる機構である。

図1のように、ポンプ車から送水された高圧駆動水(以下、「駆動水」という。)は、モーターで動力として使用された後、一部(約40L)は冷却水噴射ノズルに流れ、鋼材を切断する際に発生する火花を抑制するための冷却水として使用され、残りは排水される構

造である。(写真1及び図1)

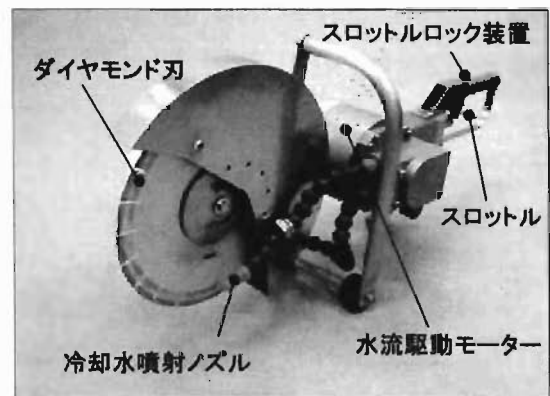


写真1 高圧水駆動カッター (試作機)

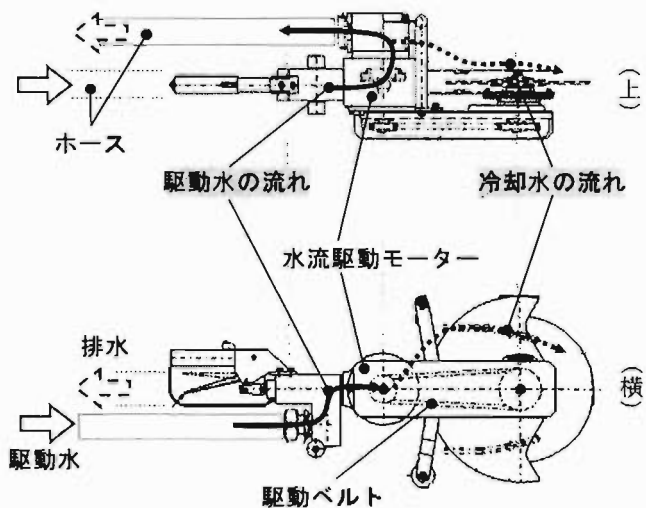


図1 駆動水・冷却水の流れ

*消防技術課 **装備安全課 1) 未巻参照 2) 未巻参照 3) 高圧水駆動カッターは、送水圧1.5MPaで駆動するタイプと、10MPaで駆動するタイプの二種類を開発しており、本検証報告は送水圧1.5MPaタイプのものである。

また、排水はポンプ車中継口等へ戻して循環させることも可能であり、その活動イメージを図2に示す。

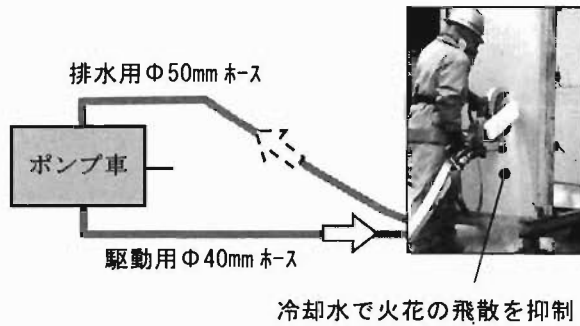


図2 活動イメージ

(2) 諸元・性能

表1に諸元・性能を示す。

表1 諸元・性能表

器具名	高圧水駆動カッター (試作機)	エンジンカッター
駆動形式	水流駆動モーター	空冷2サイクル ガソリンエンジン
	送水圧 1.5MPa 水量 380L/min	混合ガソリン
最高出力	3.6kW (2,900r/min)	3.7kW (4,700r/min)
最大トルク	18.0N・m	7.5N・m (4,700r/min)
切断刃	ダイヤモンド刃	レジノイド刃
切断速度 (鋼板1.6mm)	42mm/sec	最大 45mm/sec
本体質量	15.6kg	9.5kg
外寸	長さ 886×高さ 399 ×幅 235mm	長さ 660×高さ 370 ×幅 225mm

(3) 切断刃について

切断刃の一般的な特徴は、次のとおりである。

ア レジノイド刃

金属切断用のレジノイド刃は、アルミナ質系の砥粒を合成樹脂ボンドで結合させたもので、金属の切断に適しているが、切断により刃は磨耗し、また、水に濡れると切断性能は低下する。

イ ダイヤモンド刃

ダイヤモンド刃は、ダイヤモンド砥粒を金属性基板外周部に電着又は、メタルボンドで結合させたもので、一般的にコンクリートなどの非金属系切断に適している。

ウ 改良型のダイヤモンド刃

高圧水駆動カッターは、火花を抑制するため冷却水を噴射することから、水に濡れても切削能力が低下しないダイヤモンド刃をベースに改良したものである。

改良型は、金属系切断にも適用できるようダイヤモンド砥粒を研削刃の金属性基板外周部に溶着させることで、通常の電着方式等と比べ耐久性を高めたものである。

3 検証方法

高圧水駆動カッター（試作機）の基本性能、火花抑制状況及び操作性について、エンジンカッターと比較確認するため、次のような検証実験を行った。

(1) 基本性能検証

高圧水駆動カッター本体及びダイヤモンド刃の切断能力を確認するため、写真2に示す切断試験装置を用いて、切断速度を測定し比較検証した。

この装置は、切断器具を扱う者の技量による影響をなくすため、図3で示すように切断器具を固定した状態で始動し、切断刃に切断試料を矢印の方向に一定の力で押付けて切断させ、その切断速度を計測するものである。

なお、切断試料を押付けていく力は、エアシリンダにより調節できる構造である。（写真2及び図3参照）

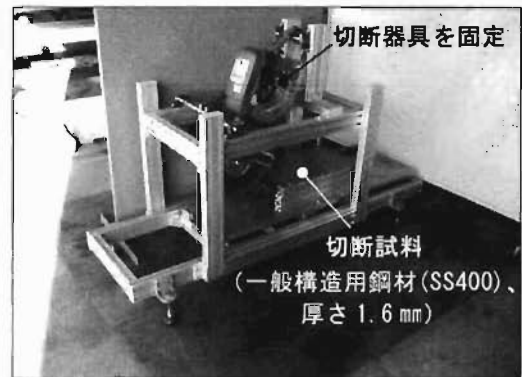
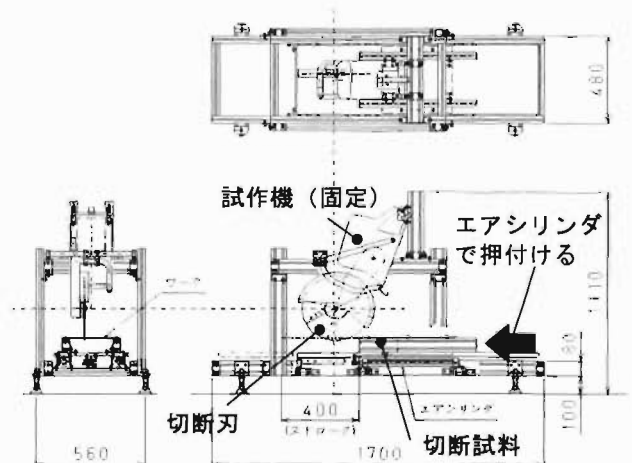


写真2 切断試験装置



単位：mm

図3 切断試験装置

(2) 火花抑制検証

鋼材切断時の火花及びガソリンへの引火確認は、写真3により確認した。

切断試料に鋼材(単管)を用い、脚立を利用して地上1mの高さに固定した。

鋼材から1.5mの距離(予備実験により、火花が集中して飛散する場所とした。)にガソリン30ccを入れたトレイ(縦300mm×横300mm×深さ20mm)を設定した。

火花及びガソリンへの引火状況は、目視及び赤外線カメラによる撮影により確認した。



写真3 火花確認

(3) 操作性検証

機器の操作性を確認するため、実際の活動現場を想定した実大実験を実施した。

ア 実施日等

平成20年5月30日(金)9時から16時まで
足立区西新井三丁目5番西新井第三団地
(独立行政法人都市再生機構取り壊し建物)

イ 協力消防署

西新井消防署

ウ 操作性確認方法

活動想定は、共同住宅建物火災で、施錠中の鉄製玄関ドアを切断し開錠するまでの一連の活動を行い、切断活動時間等を測定し、操作性についてのアンケートを実施した。



写真4 実験建物外観及び玄関付近の状況

4 検証結果

高圧水駆動カッターの基本性能、火花抑制効果及び操作性について検証した結果は、次のとおりである。

(1) 基本性能確認

高圧水駆動カッター本体の切断能力を確認するため、同じ切断刃を使用して、次の条件設定で実施した。

条件設定		
器具	高圧水駆動カッター	エンジンカッター
切断刃	レジノイド刃	
押付け力	徐々に増加させて実施	
冷却水	なし	

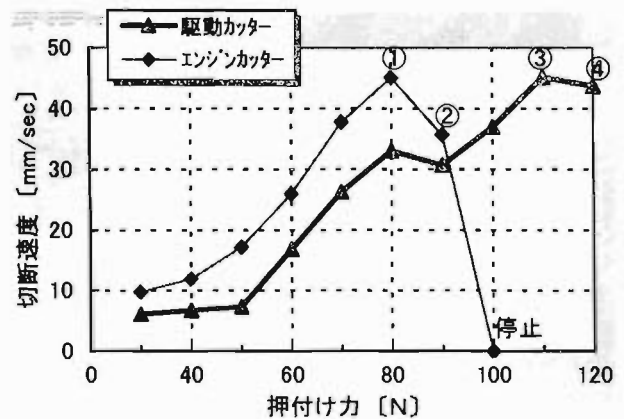


図4 切断能力比較

ア エンジンカッターの切断速度

押付け力の増加に伴い切断速度も増し、押付け力80N(図中①点)をピークに、90N(図中②点)以上の押付け力でエンジンは停止した。

イ 高圧水駆動カッターの切断速度

エンジンカッターと同様に、押付け力の増加に伴い切断速度も増し、押付け力110N(図中③点)でピークとなり、押付け力を120N(図中④)まで増加しても高い切断速度を維持した。

ウ 切断能力比較

両機器ともに最高切断速度はほぼ同じとなった。

しかし、エンジンカッターでは最高点をピークに「図中①→②→機器停止」と急激に変化した。

高圧水駆動カッターでは最高点をピークに「図中③→④」とエンジンカッターに比べ速度低下も少なく、変化は緩やかであった。

このことから、高圧水駆動カッターは、最高切断速度となる押付け力以上の荷重を掛けても、エンジンカッターのようなエンジン停止又は、急激な速度低下とはなり難い。

(2) ダイヤモンド刃の性能確認

高圧水駆動カッター(改良型ダイヤモンド刃)の切断能力を確認するため、次の条件設定で実施した。

条件設定

器具	高圧水駆動カッター	
切断刃	改良型 ダイヤモンド刃	レジノイド刃
押付け力	徐々に増加させて実施	
冷却水	あり	なし

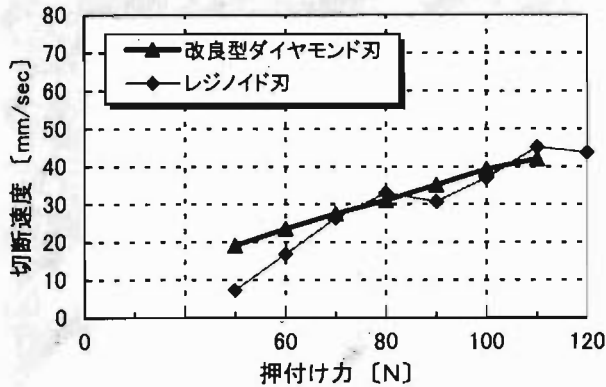
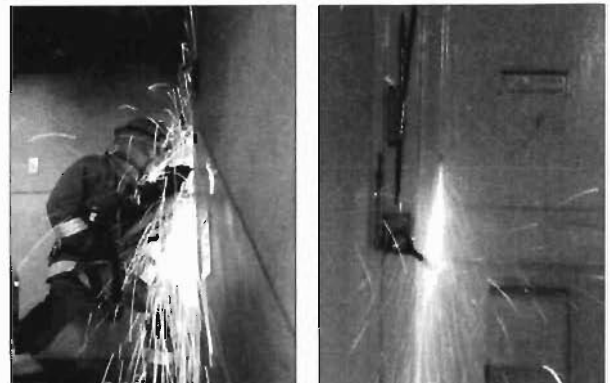


図5 切断刃性能比較

冷却水を噴射させた状態での改良型ダイヤモンド刃の切断速度は、レジノイド刃と同様に110N付近をピークに、ほぼ同等の性能を示し、金属系の切断にも適することが確認できた。

(3) 火花抑制確認

金属製単管を切断した際の火花状況を目視及び赤外線カメラで確認した。



(ドア表側) (ドア裏側)

写真6 エンジンカッターでの状況



(ドア表側) (ドア裏側)

写真7 高圧水駆動カッターでの状況



写真5 火花状況 (赤外線画像)

エンジンカッターの場合は、写真5 (上) のように、火花が多量に発生し、設置したトレー内のガソリンに着火した。

高圧水駆動カッターの場合は、写真5 (下) のように、冷却水による火花抑制効果が得られ、ガソリンへの着火はなかった。

(4) 操作性等の確認

機器の操作性等を確認するため、実際の活動現場を想定した実大実験を実施した。

写真6はエンジンカッター、写真7は高圧水駆動カッターでの実施状況を示す。

ア 活動時間について

表2は、玄関ドアを三角形に切断するのに要した活動時間を示す。

表2 活動時間比較

機器	活動時間
エンジンカッター	56秒
高圧水駆動カッター (二人操作)	157秒

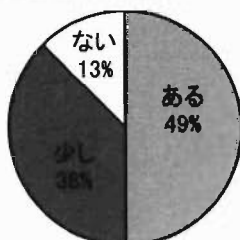
高圧水駆動カッターは157秒で、エンジンカッター (56秒) の2.8倍の時間を要した。

イ アンケート結果について

高圧水駆動カッターでドアを切断した際の操作性等について、消防職員35名に対しアンケートを行った結果の一部を次に示す。

(7) 駆動用及び排水用ホースの影響

「高圧水駆動カッターの駆動用及び排水用ホースが切断作業時の操作に対して影響はあるか」についての調査結果は次のとおりである。

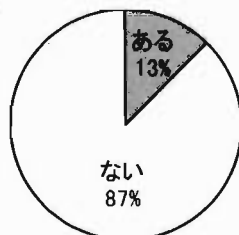


「少し支障がある」を含めると、約9割は「支障ある」との回答であり、その主な理由は次のとおりである。

- 狭隘場所では、高圧で張ったホースが曲がり難いため、切断する方向によっては操作がし難いことがある。
- エンジンカッター等の器具と比べると、容易には移動できない。

(4) 冷却水噴射の影響

「高圧水駆動カッターで噴射される冷却水による切断作業への影響はあるか」についての調査結果は次のとおりである。

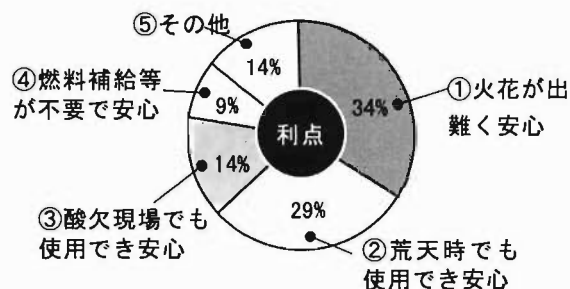


冷却水は、毎分約40Lが切断面に対して噴射されるが、それに伴う影響について、約9割は「支障ない」との回答であった。

なお、「支障ある」と回答した主な理由は「切断部分が見難くなる」であった。

(7) 機器改良点等について

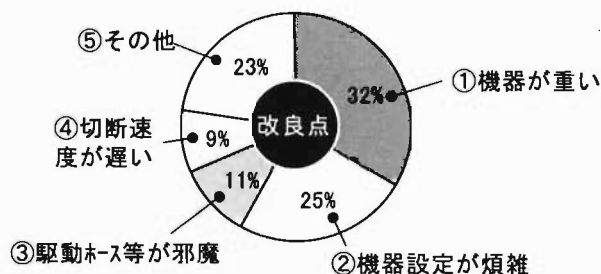
「高圧水駆動カッター（試作機）の利点」についての調査結果は次のとおりである。



回答の8割以上は、「安心して使える」であり、主な内容は次のとおりである。

- ① 火花が出難いため扱い易い。
- ② 水防、荒天、水中及び放水環境下でも安心して使用できる。
- ③ 酸欠環境下でも安心して使用できる。
- ④ 燃料補給がないため長時間でも安心である。
- ⑤ その他として、「駆動音が静か」、「エンストはなく取扱いが楽」などであった。

次に、「高圧水駆動カッター（試作機）の改良点」についての調査結果は次のとおりである。



約7割は「機器が重い」及び「駆動用ホース等の煩雑な設定やホースが操作性の邪魔となる」といった高圧水駆動カッター本体の構造上のものであり、主な内容は次のとおりである。

- ① 一人操作するには機器が重い。
- ② 機器設定で駆動用及び排水用ホースの2系統を準備するのが煩雑である。
- ③ 狭隘場所では、操作時に駆動用ホース等が邪魔となる。
- ④ エンジンカッターに比べ切断速度が遅い。
- ⑤ その他として、「切断速度は同じくらいだが、刃が鋼材に切り込むまでに時間がかかる」、「水損の恐れがある」、「火花が多少出るときがある」などであった。

5 今後の対応

今回の検証結果を踏まえ、平成20年度高圧水駆動カッターの改良検証課題は次のとおりである。

(1) 機器本体の軽量化

本体の重さが操作性に大きく影響していることから、エンジンカッター質量と同程度を目標に改良する。

(2) 駆動用ホース等の取り回しの改善

駆動用及び排水用ホースが取り回しに関する改良意見が多数あったことから、結合部を改良し取り回しの向上を図る。

(3) 火花抑制効果の向上

冷却水噴射による火花抑制では、高い効果を発揮してはいるものの、更に火花の発生を抑制するため引き

続き改良を加える。

以上のことから、高圧水駆動カッターの有効性については一定の効果を確認できたが、今後も実用化に向け、引き続き改良検証を行う。

謝辞

本検証にあたり、実験場所等をご提供いただいた独立行政法人都市再生機構の皆様及びご協力いただいた西新井消防署の方々に深く感謝いたします。

また、共同検証に携わった方々にお礼申し上げます。

[19年度共同企業・参考文献]

1) 櫻護謨株式会社

株式会社スギノマシン

2) 兵庫県JR福知山線列車事故検証委員会：JR福知山線列車事故検証報告書（平成18年1月）

Verification of high-pressure water-powered cutter (Part 1)

Yasutomo HIBI*, Hiroyasu TAKAI**, Hidekazu NOMOTO**,

Sunao KANDA*, Shigeo WATANABE**

Abstract

This is a joint verification program with certain private enterprises by using the "Scientific and Technological Research and Development Promotion Program Fire Safety & Disaster Preparedness" organized by the Fire and Disaster Management Agency, MIC.

Since the engine cutter, which gives off a great deal of sparks during cutting, cannot be used at a fire scene where such flammable gas as gasoline is generated or at an oxygen-deficient scene or in the water, a water-powered motor driven with high-pressure water is employed for the power source.

The results of the verification prove that while the high-pressure water-powered cutter is almost equal in cutting capability to the engine cutter, the effect of restraining sparks during cutting is substantially enhanced by means of the chilled water spraying equipment.