

# 破壊器具等の性能検証に関する研究 (第1報)

宮島 敏光\*, 長倉 輝明\*

## 概 要

消防活動で使用されている破壊器具(エンジンカッター等)と市販されている工作機械、工具を使用し、一般的な部材(鋼管、木材等)を切断、溶断することでそれぞれの性能と特徴を調べ、消防活動に安全で効率の良い破壊器具について考察する。今回は、3種類の破壊器具を使用してシャッター等の部材を破壊し、その破壊時間と使い勝手を検証した。

## 1 はじめに

近年、自然災害や多数傷者を伴う事故などが発生し、消防隊、救助隊が活躍する場面を見る機会が多くなってきている。救助活動では、安全を考慮し、確実にかつ迅速に要救助者を救助するため、状況に応じて資器材を使い分けている。現場は活動スペースが十分に取れない状況や、ガスの漏洩で爆発する危険な状況と通常の資器材を使用することができなく、安全確実に作業を行うことが困難なことが多い。そこで、救助活動に限らず、破壊器具の軽量化、動力源の改良などは消防活動をしている者にとっては改善を望む声が多いところである。

平成14年度～15年度ガラスの破壊に関する研究の中でガラスの破壊器具について検証し、所報第41号に報告したが、今後住宅及び事業所のセキュリティー強化が予想されることから、破壊する対象をドア、シャッターや壁等に範囲を広げて検証を行っていく、さらにプラズマ金属加工機など新たな工作機械が開発されていることから、消防活動上安全で効率的な破壊器具の比較資料や消防活動資料として反映するため、現有品を含めた破壊器具の性能限界や破壊要領の比較検証を行っていく。

今回は、エンジンカッター(金属用刃)、ディスクグラインダー(刃二種類)とスチームプラズマの三種類の器材を使用し、シャッター、単管パイプ、木材、ワイヤー、グレーチングを切断した場合の破壊器具としての特徴と能力について基礎検証を行った。

## 2 破壊器具の選定について

検証で使用する器具については、普通の生活で身近なもの、容易に手に入るもの、破壊器具として可能性のあるものを選定する。検証の基準になる破壊器具として当庁の消防活動で主に使われているエンジンカッター(写真1参照)を選定した。エンジンカッターの他に、動力に単相交流100Vを電源とした、回転刃を使用するディスク



写真1 エンジンカッター

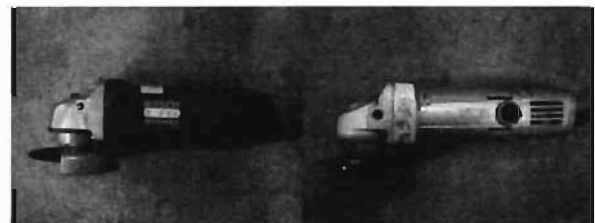


写真2 ディスクグラインダー1,2



写真3 プラズマ金属加工機(左: トーチ、右: 電源部)

グラインダー(写真2参照)と単相交流200Vを電源としたプラズマ金属加工機(写真3参照)を選定した。

## 3 破壊器具の仕様

検証で使用した破壊器具の仕様は以下のとおりである。  
(1)エンジンカッター(金属用刃)

\* 第三研究室

エンジンカッターは動力にエンジンを使用し、30cm程度の円形の刃を高速回転させることにより物質を切断する。刃を交換することにより、多種の物質に対応することができる。刃の種類は金属用、コンクリート用、木材用等がある。刃の回転速度が速いために金属切断時は多量の金属火花が発生する。エンジンカッターの仕様を表1に示す。

表1 エンジンカッター仕様

名称	A社 K650ACTIVE II
型式	空冷2サイクルエンジン
排気量	71cc
点火方式	電子点火方式
スパークプラグ	チャンピオン GJ7Y
気化器	ダイヤフラム式
混合比	20:1(専用オイル時 50:1)
混合オイル	2サイクル専用オイル
タンク容量	0.7ℓ
カッターディスク	305、30.5mm(外径、内径)
本体乾燥重量	8.9kgf
寸法	705×205×370mm(長さ、幅、高さ)
主な用途	金属、コンクリート、木材の切断

カッターディスクは、レジノイド補強切断砥石の金属用(写真4左参照)を使用した。他に非金属用、ダイヤモンドブレードがある。



写真4 カッターディスク(左:金属用、右:非金属用)

(2) ディスクグラインダー(切断砥石、チップソー)

ディスクグラインダーは10cm程度の円形の刃を高速回転させて物質を研磨、切断をするものである。刃を交換することにより、目的に応じた加工をすることが可能



写真5 ディスクグラインダー砥石  
(左:切断砥石、右:チップソー)

となり、刃の種類は金属用、コンクリート用等多種ある。動力は、単相交流100V電源のものが主流で、最近ではバッテリー式のものもある。刃の回転速度が速いために刃によっては金属切断時、研磨時に火花が発生する。この検証では、回転刃は切断砥石と金属用チップソー(写真5参照)を使用した。ディスクグラインダー1、2の仕様は、表2、3に示す。

表2 ディスクグラインダー1仕様

名称	B社 GWS6-100E/N
型式	GWS6-100E/N
電源	AC100V 50-60Hz
消費電力	560W
回転数	2800-11000回転/分
使用砥石径	100mmφ
スピンドルネジ径	M10
砥石取付穴径	15mmφ
最高使用周速度	4300m/分
電子無段変速	有り
重量	1.4kg
寸法	263×115×104mm(長さ、幅、高さ)
主な用途	金属等の研磨、研削

表3 ディスクグラインダー2仕様

名称	C社 G-108A
型式	G-108A
電源	AC100V 50-60Hz
消費電力	600W
回転数	12000回転/分
使用砥石径	100mmφ
スピンドルネジ径	M10
砥石取付穴径	15mmφ
重量	2.0kg
寸法	260×120×106mm(長さ、幅、高さ)
主な用途	金属等の研磨、切断

(3) プラズマ金属加工機

プラズマ金属加工機は、プラズマアークの作動ガス(ヘリウム、アルゴンガス、水素、空気、窒素、酸素等)に水を沸騰させて作ったスチームを使用し、発生したプラズマアークをノズルより噴出することで溶接・溶断を行うものである。今回使用したプラズマ金属加工機は、通常アーク溶接機に必要な溶接物へのアースを必要としないノントランスファー方式で、ガンタイプのトーチと電源があれば使用可能な装置である。動力は、単相交流200Vを電源部で昇圧し、トーチにつないでいる。装置は電源部とトーチ、ケーブルで構成される。プラズマ金属加工機の仕様は、表4に示す。

表4 プラズマ金属加工機仕様

名称	D社 Zプラズマ
トーチ型式	ZP-1000
加工方式	ノントランスファー式 スチームプラズマ
連続作動時間	約20分(条件により異なる)
トーチ重量	1.2kgf
トーチ寸法	265×43(スタンド120)×175mm (長さ、幅、高さ)
入力電源電圧	AC単相200V/220V 50-60Hz
消費電力	6.3KVA、3.8KW
最高無負荷電圧	370V(200V入力時)
出力電流調整範囲	5~15A(1Aステップ)
定格負荷電圧	200V
デジタル表示器	01~15A、0~300V(電流、電圧)
制御方式	インバータ方式
電源冷却方法	強制空冷
使用率	30%
重量	7.4kgf
寸法	320×130×260mm(長さ、幅、高さ)
主な用途	金属(軟鋼材、ステンレス、アルミ) の薄板材の切断、ロウ付け、加熱

#### 4 基礎検証

前3破壊器具の仕様で選定した3種類の破壊器具を使用し、シャッター、単管パイプ、木材、ワイヤー、グレーチングの5つの部材をについて検証した。

検証では、切断状態を部材に対して正面左斜め後方から全体、正面右斜め後方から直近、裏面から裏側を映像により記録し(写真6参照)、さらに切断開始から切断完了までの時間(破壊時間)を評価の一つとして計測した。



写真6 撮影位置(上:全体、左:直近、右:裏側)

##### (1)シャッター

シャッターは、縦1.8m、横0.9m、板厚0.8mmの鋼製のものを使用した。実際の活動を想定して、上から下の方向に直線で60cm切断した。なお、切断開始位置は、地面から約1.45mの位置とした(写真7、8)。



写真7 シャッター(矢印:切断位置、方向)



写真8 シャッター切断風景

##### (2)単管パイプ

単管パイプは、外径49mm、肉厚3mmの一般構造用炭素鋼のものを使用した。検証は、単管パイプを横に設定し、軸に対して垂直の方向に切断した。単管パイプの位置は約1.3mの高さに設定し、右端から2cmの位置を切

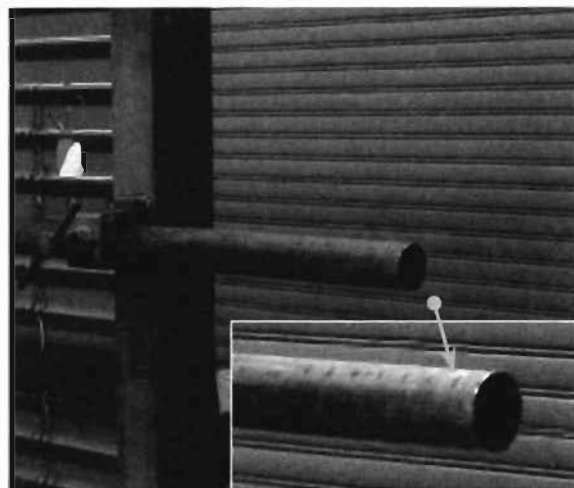


写真9 単管パイプ(矢印:切断位置、方向)



写真10 単管パイプ切断風景

断した。切断方法として、正面からの一方向とし裏面に回りこんでは行わないものとし、破壊器具を取り回すことが出来る場合は、器具を上下に回し切断した（写真9、10）。

(3) 木材

木材は、主に木造住宅の根太もしくは間柱に使われる、大きさ縦90mm、横45mmのホワイト松の角材を使用した。角材を断面が高さ90mm、奥行45mmの縦長になるように設置し、上から下の方向に切断した。角材の位置は約1.1mの高さに設定し、右端から2cmの位置を切断した。切断として、正面からの一方向とし裏面に回りこんでは行わないものとし、破壊器具を取り回すことが出来る場合は、器具を上下に移動し切断した（写真11、12）。

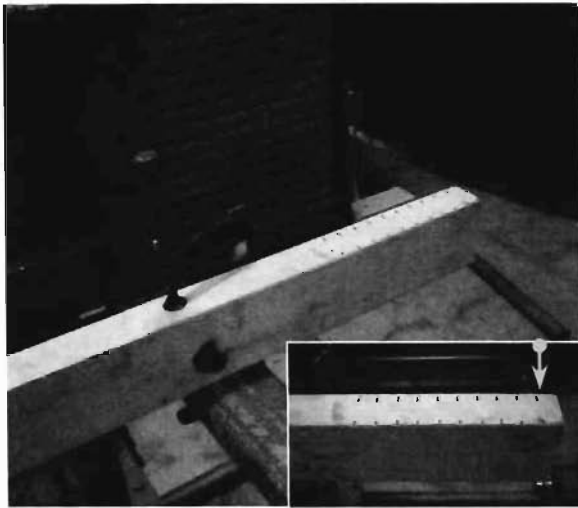


写真11 木材 (矢印: 切断位置、方向)

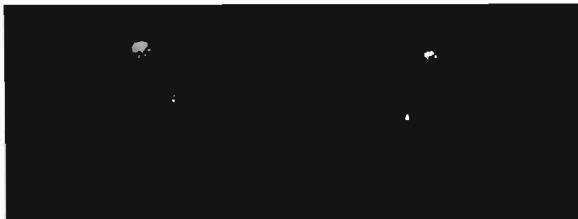


写真12 木材切断風景

(4) ワイヤー

ワイヤーは、玉掛け用ワイヤーロープ直径12mm、破断荷重7.24tfのものを使用した。ワイヤーを横に張り、ワイヤー右側の押えから約5cmの位置を切断した。ワイヤーは、高さ740mmの位置で設定した（写真13、14）。

(5) グレーチング

グレーチングは、金属を格子状に組合せたもので、側溝、横断溝の蓋として使われている、大きさ幅300mm、長さ995mm、高さ25mm、長さ方向に6tf、幅方向に2tfの耐荷重を持つものを使用した。グレーチングは、長さ方向に2箇所ずつ、幅方向に5箇所切断し、切断位置は高さ100mmのところを設定した（写真15、16）。

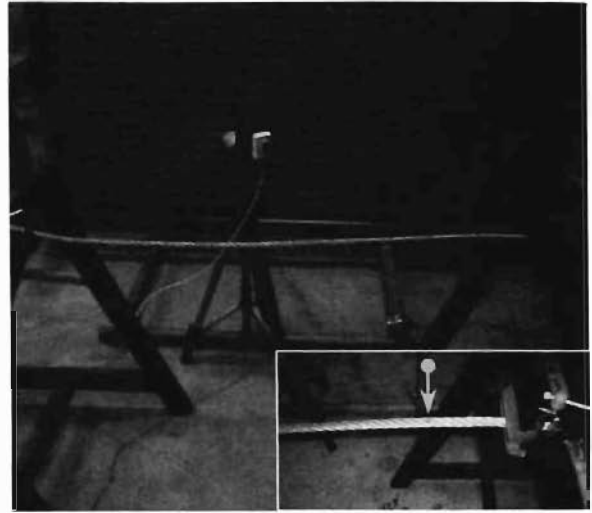


写真13 ワイヤー (矢印: 切断位置、方向)



写真14 ワイヤー切断風景

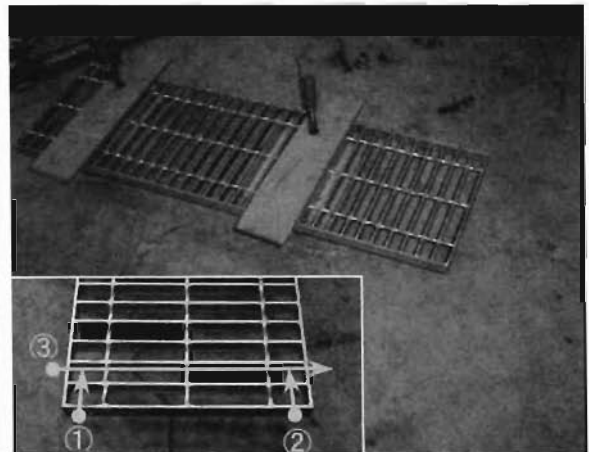


写真15 ワイヤー (矢印: 切断位置、方向 番号: 順番)



写真16 グレーチング切断風景

5 検証結果

結果については、各部材ごとに述べる。

(1) シャッター

切断後のシャッターの状況を写真17に示す。矢印右からエンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石、

チップソー)、プラズマ金属加工機(出力電流: 8 A、1 2 A)である。破壊時間については表5のとおりである。



写真17 シャッター切断状況

表5 シャッター破壊時間

破壊器具	破壊時間(s)
エンジンカッター	15.4
ディスクグラインダー (切断砥石)	50.24 (切断できず)
ディスクグラインダー (チップソー)	19.31
プラズマ金属加工機 (出力電流8A)	120 (切断できず)
プラズマ金属加工機 (出力電流12A)	164

エンジンカッター、ディスクグラインダー(チップソー)、プラズマ金属加工機(出力電流12A)で破壊することが可能だった。ディスクグラインダー(切断砥石)は、切断途中で砥石が削れていき、砥石の径が小さくなり、シャッターのつなぎ目に届かなくなったために不能と判断した。プラズマ金属加工機の出力電流8Aの場合は、シャッター表面の平坦な部分では溶けた金属を後方に吹き飛ばすことができるが、スラットのつなぎ目の部分では完全に吹き飛ばせずに、冷えて固まってしまうために切断不能であった。出力電流12Aの場合には、スラットのつなぎ目部分の溶けた金属を十分後方に吹き飛ばせており、切断可能であった。

### (2) 単管パイプ

切断後の単管パイプを写真18に示す。矢印右からエンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石、チップソー)、プラズマ金属加工機(出力電流8A、12A)である。破壊時間については表6に示す。

エンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石、チップソー)、プラズマ金属加工機(出力電流12A)で切断することが可能だった。プラズマ金属加工機(出力電流8A)では、裏側の部分までプラズマアークが届かず切断

不能であった。また、エンジンカッター以外のものは、刃や加工部が裏側に届かず、器具を上下に移動させながら切断した。

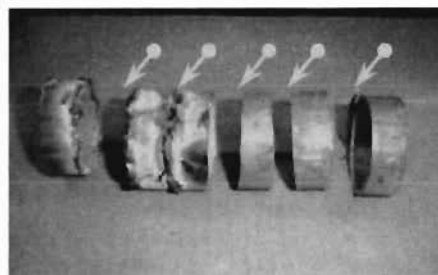


写真18 単管パイプ切断状況

表6 単管パイプ破壊時間

破壊器具	破壊時間(s)
エンジンカッター	11.0
ディスクグラインダー (切断砥石)	89.0
ディスクグラインダー (チップソー)	26.0
プラズマ金属加工機 (出力電流8A)	183 (切断できず)
プラズマ金属加工機 (出力電流12A)	184

### (3) 木材

切断後の木材を写真19に示す。矢印右からエンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石、チップソー)、プラズマ金属加工機(出力電流8A)である。破壊時間については表7に示す。

エンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石)の場合、砥石の切断部分だけでなく両面が木材と擦れることで摩擦熱が発生し、木材は切断すると同時に焦げ、煙が発生した状況であったが、エンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石、チップソー)では切断可能であった。特に、ディスクグラインダー(チップソー)では、電動丸のこぎりのように切断可能であった。また、ディスクグラインダーは、正面側から破壊を進めたとき、90mm×45mmの角材の場合、正面、上、下を切断した後、裏側に一部切断不可能な部分が残ったため、器具を持ち替えて切断した。

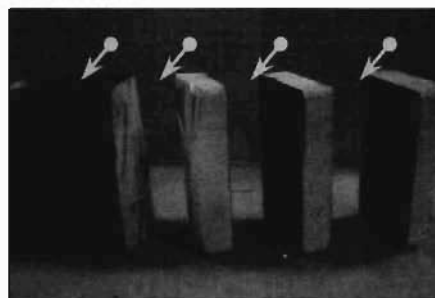


写真19 木材切断状況

表7 木材破壊時間

破壊器具	破壊時間(s)
エンジンカッター	10.4
ディスクグラインダー (切断砥石)	80.0
ディスクグラインダー (チップソー)	25.0
プラズマ金属加工機 (出力電流8A)	127 (切断できず)
プラズマ金属加工機 (出力電流12A)	-

プラズマ金属加工機(出力電流8A)は、本来の使用目的とは異なる使用方法ではあるが、燃えながら一部切断できたが、角材の裏面まで切断することは出来なかった。

(4)ワイヤー

切断後のワイヤーを写真20に示す。写真左側の矢印下からエンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石)、プラズマ金属加工機(出力電流8A)、写真右側はディスクグラインダー(チップソー)である。破壊時間については表8に示す。

すべての破壊器具等で切断可能であった。ただし、ディスクグラインダー(チップソー)では、切断途中でワイヤーの素線がはじけ飛び、写真20の右側のようになった。

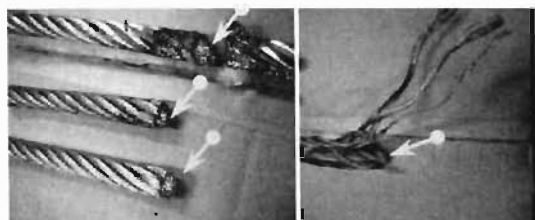


写真20 ワイヤー切断状況

表8 ワイヤー破壊時間

破壊器具	破壊時間(s)
エンジンカッター	6.29
ディスクグラインダー (切断砥石)	6.54
ディスクグラインダー (チップソー)	6.65
プラズマ金属加工機 (出力電流8A)	38.95
プラズマ金属加工機 (出力電流12A)	18.5

(5)グレーチング

切断後のグレーチングを写真21に示す。矢印右からエンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石、チ

ップソー)、プラズマ金属加工機(出力電流8A、12A)となる。また、破壊時間を表9に示す。

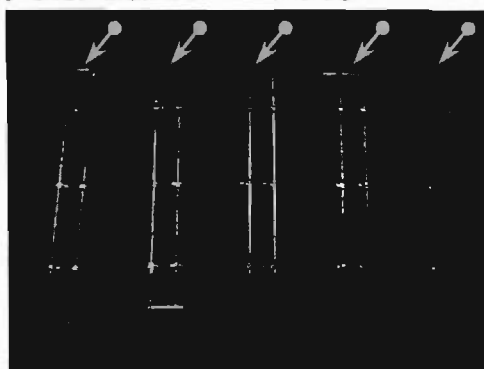


写真21 グレーチング切断状況

表9 グレーチング破壊時間

破壊器具	破壊時間(s)
エンジンカッター	39.9
ディスクグラインダー (切断砥石)	66.0 (完全ではない)
ディスクグラインダー (チップソー)	64.0 (完全ではない)
プラズマ金属加工機 (出力電流8A)	317 (途中で固まる)
プラズマ金属加工機 (出力電流12A)	258

エンジンカッターとプラズマ金属加工機(出力電流12A)は完全に切断することができたが、ディスクグラインダー(切断砥石、チップソー)およびプラズマ金属加工機(出力電流8A)は完全に切断することは出来なかった。

6 加工について

(1)切削、研削について

エンジンカッター、ディスクグラインダーなどの器具は、切削加工、研削加工をする工具の一部であると考えられる。切削加工とは、刃物によって切屑を出して金属等を加工することで、研削加工とは、硬質の粒子(砥粒)を適当な結合剤で固め、微細な空隙(気孔)を適当量残して形成される円筒状回転工具を高速で回転させ、多数の砥粒の切れ刃によって微細な多数の切屑として削り取り、加工することである。

切削するための動力の大部分は被削物(削られるもの、切られるもの)が工具によってせん断されるためのせん断変形仕事と、刃と切りくずの間で発生する摩擦仕事に使われる。それらのほとんどは、熱になって切屑とともに取り去られる。そのため動力による切削のエネルギーが高いと切屑が加熱され酸化して火花となる。

(2)熱切断について

熱エネルギーにより素材を局部的に熔融、除去して切断する方法を熱切断という。プラズマ金属加工機は、この



切断になる。この切断方法は、熱源を線熱源として取り扱えるので、曲線を含む自由形状の切断が容易に行え、特に板状素材の切断に非常に適している。しかし、材料への入熱、熔融の影響を避けることができないので、材質変化、熱ひずみ、熱変形などの発生について配慮が必要である。

熱切断には熱エネルギー源によって、酸化反応熱、アーク熱、アーク熱+酸化反応熱、ビーム熱に大きく分けられる。酸化反応熱による切断法には、ガス切断がある。アーク熱による切断法には金属アーク切断、アークエア切断、プラズマ切断などがある。

プラズマ金属加工機は、スチームプラズマともいい、アークプラズマを蒸気によって冷却することで起こるサーマルピンチ効果により得られた高温高速のプラズマ気流により切断する。

ここで、アークとは、気体中での放電の一種で電極材料の一部が蒸発して気体となり高熱を発生し強く輝くアーク放電のことをいう。プラズマとは、放電中の電子とイオンが同数存在している気体の状態をいう。サーマルピンチ効果とは、プラズマアーク柱の外部を冷却するとプラズマアークの柱がより締め付けられ、圧縮が起こり柱の中心に集中することで強いアーク柱を作る効果をいう。

## 7 考察

消防活動では安全、かつ迅速に行動しなければならない、まして救助活動にあつては、速さはとても重要なものになってくる。今回の検証では、評価の一つとして破壊時間を計測したが、その結果のみで破壊器具を判断すると今回の場合エンジンカッターだけが破壊器具として評価することが出来てしまう。しかし、検証した破壊器具の実際の使用範囲や対象物の種類、安全性や重量、また活動考えた場合、活動現場の状況、使用環境、使いやすさ等を考慮すると速さは重要であるが、破壊時間だけでは破壊器具の評価として単純に決定できない。ここでは検証で使用した器具の特徴や性能について考察する。

### (1) シャッターについて

通常良く目にする上下に上げ下ろしするシャッターは、スラット(写真22)といわれるシャッターカーテンを構成する横に広い部材が何枚もあり、蝶番のようなものでつながって



写真22 シャッターの構造

出来ている。シャッター両脇の枠がない場合、スラットは横にスライドすることが出来、簡単に外すことが出来る。例えば、災害現場でシャッターから開口部を設定するには、この横方向に長いスラットを切断し、一枚ずつ横にずらして取り去ることで可能となる。ただし、つなぎ目がつぶれていたり、熔けてしまうと横にずらすこと

は出来なくなる。また、シャッターの主流となっている形が、スラットをつなぐ蝶番の部分が内側にある、インナーロッキング形というもので、外側からはつなぎ目が見えないものとなっている。シャッターを破壊するには、スラットを横に引き抜き、人が入れるほどの大きさになるだけ、縦に切断することで可能となる。このとき重要となるのは、スラットの厚さとスラットのつなぎ目の奥行きがどれくらいあるかということになる。スラットの材質と板厚は軽量シャッターでアルミ、スチール製0.5mm~0.8mm、防火設備で鉄製0.8mm以上1.5mm未満、特定防火設備で鉄製1.5mm以上となっている。

### (2) 単管について

一般的な単管パイプは肉厚が2.4mm、外径がφ48.6mmである。単管パイプを切断するには、厚さ2.4mmの鋼板を切断する能力があれば可能であるが、鋼板が筒状になっているために破壊器具を筒に合わせて動かさないといけない。今回の検証のように一方向から破壊器具を当てていくと破壊器具の刃や加工するための有効部分が、外径よりも大きくないと裏側に切断できない箇所が発生するか、無理な体勢で切断することとなる。ディスクグラインダーでは回転刃の使用域は実質40mm程度しかなく、刃が届かず裏側を切断するには持ち替えるなど操作しなければならなかった(写真23)。



写真23 器具の持ち替え

### (3) 木材について

単管パイプと同様に刃の使用域、加工に有効なプラズマアークが届かない大きさのものであると器具を持ち替えるなど操作に工夫が必要だった。身近にあり加工もしやすいものではあるが、木材は砥石のような刃では切断面全体に刃が当たるために摩擦熱で焦げて煙が発生した(写真24)。ディスクグラインダーのチップソーでは、チップの刃だけが木材にあたるので、刃の側面が擦れることによる摩擦熱が発生せず



写真24 木材切断状況  
(エンジンカッター)

### (4) ワイヤーについて

ディスクグラインダーのチップソーでは、ワイヤーの素線のはじけてしまい、危険が伴う結果となった(写真20右参照)。他の破壊器具では、はじけずに切断可能であったが、プラズマ金属加工機では、熔融しているために

ワイヤーの芯のナイロンロープに着火してしまった(写真25)。しかし、切断面は、プラズマ金属加工機で切断した場合、素線断面が溶けて固まっておき切断後に素線が広がることがない(写真26)。



写真25 ワイヤ切断状況 (プラズマ金属加工機)

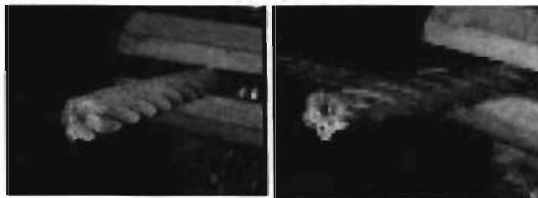


写真26 ワイヤ切断面 (左：エンジンカッター、右：プラズマ金属加工機)

#### (5) グレーチングについて

今回の検証では、写真15のようにグレーチングを床上100mmで切断したが、多くのグレーチングは写真27の様に上面が路面に飛び出さないように溝に入っている状態で使用されている。グレーチングを切断する場合、グレーチングの横から破壊器具を当てることは出来なく、上からの切断になることがほとんどである。切断するためには、切断刃は、グレーチングの高さ以上の有効刃を持っているものでなければならない。写真28のように不完全な箇所が来ると、破壊は不可能となる。



写真27 設置状況

ディスクグラインダーは、グレーチングの薄板が連続しているとき、端の1枚目は、刃をすべて当てる事が出来たので切断することが出来たが、2枚目以降は薄板の高さ(グレーチングの高さ)、薄板との間隔が刃の当た

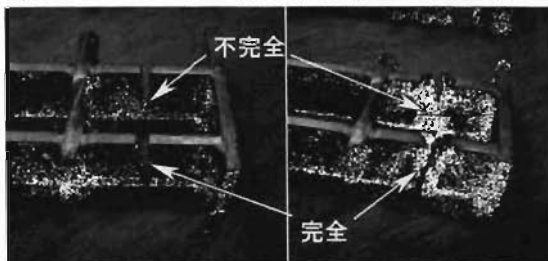


写真28 切断不完全な状況(左：ディスクグラインダー、右：プラズマ金属加工機)

りに影響し、下面まで刃が届かない状況になるため、切断することが不可能であった(写真28左)。また、プラズマ金属加工機(出力電流8A)は、薄板に対して垂直に溶断していくには問題がない厚さであるが、薄板に対して平行になるように溶断するには(出力電流8A)の出力では、2枚目以降の溶断は、薄板の高さ(グレーチングの高さ)、薄板との間隔が影響し、溶断部にプラズマアークを飛ばすことができず、切断できなかった(写真28右)。(出力電流12A)の場合には出力がある分、これが可能であった。

#### (4) エンジンカッター

エンジンカッターは、配置数も多く消防活動の現場でも使用頻度の高い破壊器具である。動力がエンジンなので電源等の設備を必要とせず、単体で搬送し使用することが可能である。操作は、エンジンを始動してからは、トリガーを引くことで回転が上がり、離すことで回転は落ち、簡単で、万が一手を離してしまった場合も回転は落ち、停止レバーを押すことでエンジンは止まる。切断は、検証結果が示すとおり、早く切断することが出来る。しかし、刃の径が大きく回転速度が6000~8000回転/分と速いので、ディスクが新品の場合、周速度は、約94~125m/sとかなり速く、動力のほとんどは熱に変換することから、多量の金属火花が発生してしまう(写



写真29 火花の発生(エンジンカッター)

真29)。そのためエンジンカッターを使用するときには、周囲の安全を確認し、自らの身をも防護する必要があり、可燃性ガスの発生しているところや、人的被害が発生するところでは使用できない。また密閉空間ではエンジンの給排気により酸素量が不足するため長時間の使用はできない。

重量があることも正確、確実な位置を切断することには不向きな点がある。高所での作業や肩よりも上方で作業する場合、力を要すこととなり、切断位置に沿って正確な切断することは誰でも出来るとは限らない。シャッター切断を例とすると、切断時間は一番短い、重量があることや切削火花が飛散していることから切断位置が確認できず、切断目標の線のとおりには切断することができなかった(写真30)。



写真30 シャッター切断跡



また、本体も大きいので、狭いところでの使用は技術を要する。

エンジンカッターは刃を交換することで多種の物質に対応することができるが、現場での刃の交換は、手袋着装やボルトが小さいために手間取る。

これらのことから、エンジンカッターの特徴について、次のようなものがあげられる。

#### ○長所

- ・火花の影響のない状況では、金属等を早く切断することが出来る
- ・動力がエンジンのため持ち運べて活動範囲は広い
- ・操作は簡単である
- ・トリガーから手を離すことで回転数は落ちる

#### ○短所

- ・大きいこと、重量があることから狭い場所や高所、肩より上部での扱いには不向きである
- ・切断位置を確認しにくい
- ・刃の交換は、ボルト締めのために手間がかかる

#### ○要注意点

- ・火花が発生するため身体防護が必要である
- ・火花が発生するため引火の危険があるところでは使用できない
- ・密閉した場所での長時間の使用は不向きである

#### (5) ディスクグラインダー

ディスクグラインダーは、刃の種類が金属用、コンクリート用、研磨用等多種あるために金属の切断、錆取りや研磨等様々な用途に使用されている。動力に交流100V電源を使用するものが主流であることから日曜大工など家庭での使用も多い。大きさも重量も手軽で現場に使用するには手ごろな大きさであるといえる。操作は、コンセントを差し、スイッチを入れることで刃が回転するため簡単であるが、万が一落とした場合は、スイッチを切るか、コンセントを抜かないと刃の回転が止まらないので注意が必要である。また、刃の引っかかりや摩擦で器具が暴れることがある。

径100mmの円形の刃を11000～12000回転/分の高速回転をさせるため、刃の周速度は約58～62m/sと速く、金属切断時、刃の種類によっては研磨時に火花が発生する。切断砥石よりもチップソーのほうが被削材と刃の接触面が少なく、刃と刃の間に隙間があるため



写真31 チップの欠け

に冷却され、火花の量が少ない。また、回転速度を2800回転/分にすると周速度は約15m/sに落ち、さらに火花の量は少なくなる。ただし、チップソーは、切屑の飛散する方

向が回転方向だけでなく広範囲になり、またチップが飛ぶことがあるため(写真31)、器具にカバーを付け、ゴーグルを着用しないと危険である。

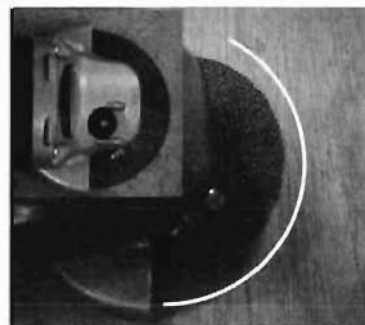


写真32 回転刃の磨耗

切断砥石を使用した場合

はエンジンカッターのディスクと比べ、径が小さく、厚みも薄いためにシャッターの破壊検証のように早く消耗してしまい(写真32)、目的の破壊を達成する前に刃の交換が必要な場合があるが、切断位置の確認はしやすかった。

刃の径が小さく、取付部の形状から切断できる厚さ、深さが限られてしまい、厚いもの深いところまで刃が届かないことがある。径の小さい鉄筋や厚みの薄い板などには扱いやすい大きさである。

使用場所は電気でモーターを駆動しているので、水のあるところではショート・感電の危険があり、ガスの発生しているところでは引火の可能性があるため使用できないと考えられる。電源コードの切断に対する取り回しにも注意が必要である。最近ではバッテリー式のものもある。

これらのことから、ディスクグラインダーの特徴について、次のようなものがあげられる。

#### ○長所

- ・軽く小さいため、扱いやすい
- ・切断位置を確認しやすい
- ・刃の種類が多いので、活用範囲が広い
- ・刃の交換は、専用工具が要するが容易に出来る

#### ○短所

- ・軽量だが、刃の摩擦力等による器具の暴れを抑えるために力が必要である
- ・電源が取れないところでは使用できない
- ・切断砥石は、交換頻度が高い
- ・チップソーは、切屑の飛散範囲が広く、ゴーグル着用
- ・チップソーを使用するときには、器具にカバーをつける必要がある
- ・手を離しても回転を落とすことが出来ない

#### ○要注意点

- ・火花が発生するため身体防護が必要である
- ・火花が発生するため引火の危険があるところでは使用できない
- ・水気のあるところではショートの危険性がある

#### (6) プラズマ金属加工機

プラズマ金属加工機は、主に溶接・溶断を行う装置で、6(2)で述べたように熱を利用して金属を溶かし、吹き飛ばすことで加工するものである。切断に注目すれば、アークエアやアセチレンガス溶断機と比較すると、作動

ガスに水もしくは水とアルコールを使用するので作動ガスのボンベが必要なく、切断棒のような極端な消耗もほとんどないため、軽量で扱いやすく鋼で最大板厚6mmまで切断可能である。またアーク溶接機のようにアーク放電を起こすために溶接物へのアースを必要としないノントランスファー方式であるので、ガンタイプのトーチと電源があれば、使用可能である。操作はエンジンカッター、ディスクグラインダーからすれば複雑だが、説明書どおりに行えば難しいことはない。操作は次のようになる。トーチに水または水+アルコールを入れ電源部に接続、電源部を単相200vの電源に接続し、電源スイッチを入れ、着火スイッチを入れる。つまみで出力電流を調節して、トーチの後ろ側にある着火ボタンを押し、アークを発生させる。適当なアークになるよう着火ボタンをまわして電圧を調整する。停止するときは、トーチの停止ボタンか、着火スイッチを押す。

プラズマ金属加工機は熱伝導率が低いステンレスなどの難削材に対しての溶断には向いている。またアルミ、ステンレスの溶接も可能である。ただし、今回の検証のように破壊時間での比較では不利な面が多い。また、90mm×45mmの角材では切断より前に燃えてしまったが、薄板であれば切断は可能な場合もある(写真33)。



写真33 10mm厚薄板木材

動力は、現在の消防隊が使う発動発電機の発電電圧が100vであるため、単相200vの電源を取ることが出来ず電源の確保に不自由である。

プラズマ金属加工機は、保護眼鏡を着用せねばならず多少切断目標の線を確認しづらいが、トーチが軽いので取り扱いが容易であった。

アーク溶接機には使用率というものがあり、このプラズマ金属加工機にも使用率がある。使用率は、定格電流を通电した通电時間と休止時間を含んだ全時間に対する通电時間の割合を百分率で表したもので、定格使用率とも言う。このプラズマ金属加工機の使用率は30%であり、定格電流のとき10分間のうち3分間使用し、7分間は休止する必要があるという意味を示す。

$$\cdot \text{使用率}(\%) = (\text{通电時間} / \text{全時間}) \times 100 \quad \dots \textcircled{1}$$

また許容使用率というものもあり、こちらは定格電流を使用電流で割ったものの2乗に使用率を掛けたもので表され、これは、定格電流以下の電流で使用したときの使用率を表す。

$$\cdot \text{許容使用率} = (\text{定格電流} / \text{使用電流})^2 \times \text{定格使用率} \dots \textcircled{2}$$

出力電流8Aで使用したときは、

許容使用率(8A) =  $(15/8)^2 \times 30 \approx 105\%$  となり、100%以上なので休止時間がなくても連続で使用することが出来る。また、出力電流12Aで使用したときは、

許容使用率(12A) =  $(15/12)^2 \times 30 \approx 47\%$  となり、47%の使用率で使わないといけない。つまり10分間で考えると4.7分(=4分42秒)し、残りの5.3は使用できないこととなる。もしくは、10分使用した場合、12分は休止していなければならない。連続して使用する時には注意が必要な点である。

これらのことから、プラズマ金属加工機の特徴について、次のようなものがあげられる。

#### ○長所

- ・作動ガス用ボンベの必要がない
- ・作動ガスに水、もしくは水+アルコールで、補充すれば継続して使用可能である
- ・アースの必要がないため、電源部、トーチだけで作業が可能である
- ・熱伝導率の低いステンレスの切断には向いている
- ・ガス溶断機と比べ、軽量で扱いやすい
- ・加工する部材が固定されていなくても加工可能(片持梁の状況でも使用できる)である

#### ○短所

- ・板材の溶断には向いているが、筒状のもの、シャッターのつなぎ目のような形状には不向きである
- ・シャッターはつなぎ目を溶かしてしまうので引抜きが出来ない
- ・電源が単相交流200vで供給が容易でない
- ・出力を上げると使用率から使用時間の制限がある
- ・出力電流が低いと切断できない場面が多い

#### ○要注意点

- ・使用中は、透過率の低い保護眼鏡が必要である
- ・熔融した金属が飛散するので身体防護は重要である
- ・裏側への熔融金属の飛散量は多く危険である
- ・被削材が高熱になる

#### 7 最後に

本報告では、3種類の破壊器具、5種類の部材を検証したが、以降の検証では、特別消防中隊に配置されているセイバーソー、ホールソーを含めた他の破壊器具を使用し、破壊部材もドア、雨戸、壁、ブロック等を検証する予定である。また、破壊器具の評価方法についても検証する予定である。

#### 8 参考文献

- 1)日本機械学会：機械工学便覧、第2編 加工学・加工機器 第5章切削加工
- 2)東京消防庁装備部監修：消防機器便覧 第4章
- 3)東京消防庁消防科学研究所：所報第3号 破壊器具の検証、昭和41年
- 4)大柴文雄著：理論応用 溶接工学、森北出版、1970
- 5)特許庁ホームページ：特許で分かる切断方式 第4章

RESEARCH ON THE TESTING OF THE PERFORMANCE OF FORCIBLE  
ENTRY TOOLS  
(First Report)

Toshimitsu MIYAJIMA\*, Teruaki NAGAKURA\*, Hiroshi CHIBA\*

Abstract

We examined the performance and characteristic of forcible entry tools. We cut and fused commonly-used materials (shatter, steel tube, wood, etc.) with tools like an engine cutter used in firefighting activities, and with marketed tools. We considered the safety and efficiency of those tools for firefighting activities.

For this report, we inspected the destruction time and convenience of three kinds of destruction appliances with shatters and others as cut materials.

---

\* Research Division3