

破壊器具等の性能検証 (第2報)

宮島 敏光*, 長倉 輝明**

概要

第1報で使用した破壊器具等に、セーバーソー及び多用途の切断に使用できるブレードを取り付けたエンジンカッターを加えて、鉄筋(異形棒鋼)を切断、溶断しその切断時間と使い易さについて消防活動を目的とした破壊器具としての比較評価を行った。

1 はじめに

第1報では、エンジンカッター、ディスクグラインダー、プラズマ金属加工機を用いて、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、溶断することで、これらの破壊器具に関しての性能検証した。

今回は、特別消火中隊に配置されているセーバーソー、当庁では使用していない多用途の切断が可能なブレード(以下「ダイヤモンドブレード」という。)を装着したエンジンカッターを追加し、鉄筋コンクリート造の建築物などに使用される鉄筋についての切断、溶断による性能検証を行った。

2 破壊器具の仕様

今回の検証で新たに使用した、器具についての仕様を下記のように示す。

(1)セーバーソーの仕様

セーバーソーは、特別消火中隊の破壊器具として平成16年度から配置され、当庁の消防活動で使われている(写真1参照)。動力は24Vの専用バッテリーを使用し、後述するホールソーのバッテリーと共通のものである。交換可能なのこぎり刃により金属、木材等を切断する器具である。刃の振幅は2段階あり、金属、木材等で使い分けることができ、刃を交換することで幅の大きなものも切断することができる。振幅のスピードは無段階で、



写真1 セーバーソー本体と切断刃(金属用)

トリガーで調節可能である。ディスクグラインダーやエンジンカッターなどよりも切削スピードが遅いため、火花は出にくい。セーバーソー、切断刃、バッテリーの仕様は、以下のとおりになる。

表1 セーバーソー仕様

名称	E社 ハンズフリーセーバーソー
型式	GSA 24VE
定格電圧	DC24V
ストローク数	0-2300回/分
ストローク幅	Step I : 19 mm Step II : 32 mm
質量	3.9kg(バッテリー含む)
寸法	490×80×230 mm(長さ、幅、高さ)
主な用途	金属、木材、プラスチックの切断

表2 バッテリー仕様

種類	Ni-Cd
電圧	DC24V
容量	2.0Ah
質量	1.3kg
寸法	125×80×135 mm(長さ、幅、高さ)

表3 切断刃仕様(S922BF、青色)

材質	刃先のみハイス(ハイスメタル)
全長(有効長)	150 mm(130 mm)
切断材料	軟鋼、非鉄金属 3~8 mm、 パイプ、チャンネル

(2)ホールソーの仕様

ホールソーは、板等の部材に穴を開ける器具で、電動ドライバードリルに工具を取り付け切断する。板材等を切断するときセーバーソーの刃を入れる穴を作るための

器具として使用している。動力は24Vバッテリーでセーバーソーと同じものを使用できる。工具を替えれば電動ドリル、ドライバーとしても使用できる。ドライバードリル、コアドリルの仕様は以下のとおりになる。



写真2 電動ドライバードリル本体と
コアドリル(センタードリル、カッター、シャック)

表4 電動ドライバードリル仕様

名称	F社 バッテリードライバー	
型式	GSR 24VE-2/N	
定格電圧	DC24V	
無負荷回転数	高速	0~1300 回/分
	低速	0~400 回/分
ネジ締め(最大径)	14 mmφ	
穴あけ能力 (最大径)	鉄工	16 mmφ
	木工	40 mmφ
	鉄工ホルソー	53 mmφ
	ALC・サイディングコア	180 mmφ
重量	3.0kg(バッテリー含む)	
寸法	250×80×300 mm(長さ、幅、高さ)	
主な用途	金属、木材の穴あけ、ネジ締め	

表5 コアドリル仕様

名称	複合材コア
構成	センタードリル、カッター、ストレートシャック
寸法	180×φ32 mm(全長、径)
質量	217g
有効長	50 mm (金属部分の厚み1 mm以下)
適正回転数	800~1500 回/分
用途	システムボード等の各種複合材 金属系サイディング、 各種複合材の穴あけ

(3) ダイヤモンドブレード(エンジンカッター用)の仕様

ダイヤモンドブレードは、ダイヤモンド砥粒を刃部に使用したもので、金属用、非金属用、コンクリート用と用途によってブレードを交換する必要がなく、左右対称で両面使用することができる。当庁で使用しているエンジンカッターに取り付けることが可能である。

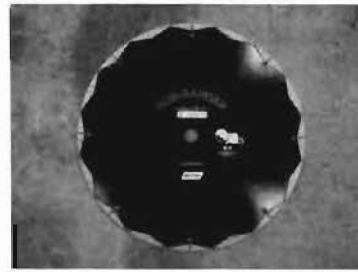


写真3 ダイヤモンドブレード

表6 ダイヤモンドブレード仕様

名称	G社 ダイヤモンドブレード
型式	乾式エンジンカッター用ブレード
寸法	φ306×2.6 mm、3.6 mm (外径、基板厚、ダイヤモンド層厚)
質量	1.49kg
切断可能物 (対応表より)	鋼材、鋳鉄管、FRP、スレート、サイディング ボード、アスファルト、ブロック、レンガ、モルタル、 ヒューム管、U字溝、鉄筋コンクリート、シャッター、 車のボディ、車のサイドガラス、など

3 鉄筋の検証

鉄筋の破壊検証は、救助活動での切断や震災時の破壊活動をイメージし、鉄筋コンクリート造に使用されている異形棒鋼を数種類選定して検証した。今回の検証では、この部材を縦にした場合と横にした場合での切断、溶断を行った。

(1) 異形棒鋼について

異形棒鋼は金属の性質の異なる2種類で、1種類に径の異なる3本の計6本を使用した。(表8、写真4参照)

異形棒鋼の性質については表7に示す。

(2) 検証方法

異形棒鋼を縦および横に設定し、先端から150 mmの位置で片持ちの状態に固定し異形棒鋼の先端から約50 mmの位置を切断、溶断した。

表7 異形棒鋼性質

種類	降伏点 N/mm ²	引張強さ N/mm ²
SD295A	295 以上	440~600
SD345	345~440	490 以上

表8 検証した異形棒鋼

種類	呼び名	公称径(mm)
SD295A	D10	9.53
	D13	12.7
	D16	15.9
SD345	D19	19.1
	D22	22.2
	D32	31.8



写真4 異形棒鋼(上から SD345 : D32、D22、D19、SD295A : D16、D13、D10)

記録として、①正面右斜め後方、②右側から直近、③裏面から裏側の切断状態及び④正面左斜め後方から全体を映像撮影し(写真5)、評価として切断開始から切断完了までの時間を計測した。また、切断位置から約50mmの位置での切断後の最高温度を測定した。それぞれの設定状況を写真6、7に示す。



写真5 撮影状況

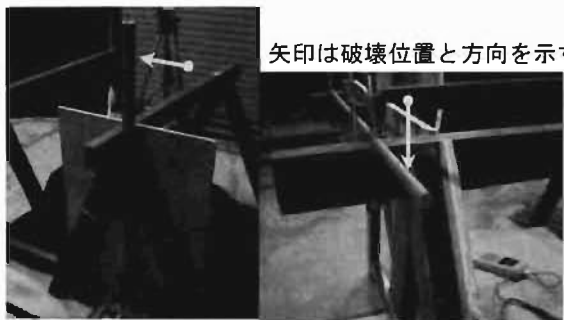


写真6 異形棒鋼縦設定状況(左)横設定状況(右)

矢印は破壊位置と方向を示す

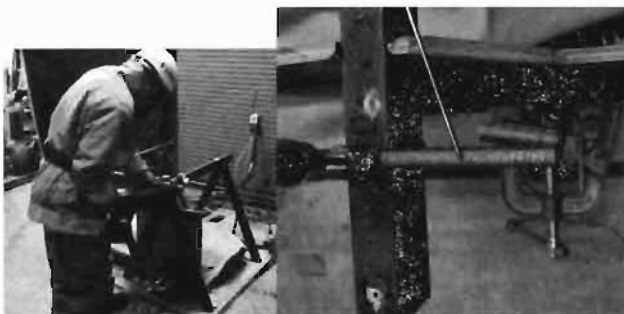


写真7 切断状況(セーバーソー)と温度計測状況

(3)検証結果

検証結果は切断時間については部材ごとに表9～14に示し、それぞれの破壊器具による切断断面を写真8～13に示す。また切断後の最高温度については部材ごとに表15～20に示す。表中の太字は、切断時間においては最短切断時間のものを、切断後の最高温度においては最小温度のものを表示している。



写真8 エンジンカッター(金属用刃)(D32)



写真9 エンジンカッター(ダイヤモンドプレート)(D32)



写真10 ディスクグラインダー(切削砥石)(D32)

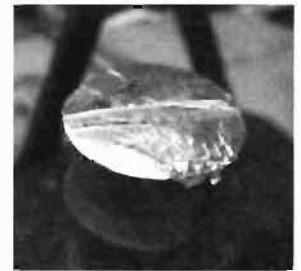


写真11 ディスクグラインダー(チップソー)(D32)



写真12 セーバーソー(D32)



写真13 プラズマ金属加工機(左8A、右12A)(D19)

プラズマ金属加工機 8A の縦設定の SD 3 4 5 - D 2 2、縦設定・横設定の D 3 2 とプラズマ金属加工機の 1 2 A の縦設定・横設定の SD 3 4 5 - D 3 2 を除いて、切断可能であった。これら切断不能の判断は、切断に 1 5 分以上かかるか、もしくは切断過程で切断が進展しない状態になり中断したものである。

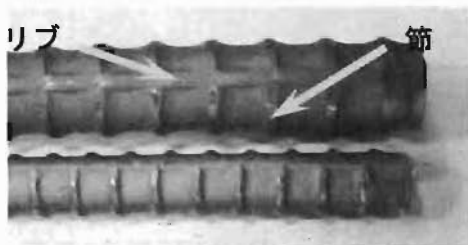


写真 1 4 異形棒鋼形状

(4) 考察

異形棒鋼は、鉄筋コンクリート用の棒鋼として使われており、形状は通常の棒鋼の表面に突起をもつもので、軸線方向の突起の「リブ」と軸線方向以外の突起の「節」をもっている。節はほぼ一定間隔にあり、同一の形状、寸法となっている。(写真 1 4)



写真 1 5 異形棒鋼使用状況例

表 9 異形棒鋼 SD295A - D10 切断時間

破壊器具	切断時間(s)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	3.98	3.81
エンジンカッター(ダイヤモンドプレート)	3.97	2.87
ディスクグラインダー(切断砥石)	4.33	6.15
ディスクグラインダー(チップソー)	2.65	3.89
セーバーソー	4.87	3.77
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	34.35	24.21
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	44.14	15.40

表 1 2 異形棒鋼 SD345 - D19 切断時間

破壊器具	切断時間(s)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	18.00	32.47
エンジンカッター(ダイヤモンドプレート)	14.33	7.42
ディスクグラインダー(切断砥石)	28.31	26.95
ディスクグラインダー(チップソー)	11.92	13.64
セーバーソー	19.87	29.39
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	361.94	235.90
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	123.90	172.54

表 1 0 異形棒鋼 SD295A - D13 切断時間

破壊器具	切断時間(s)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	8.95	10.27
エンジンカッター(ダイヤモンドプレート)	5.68	4.82
ディスクグラインダー(切断砥石)	7.85	8.07
ディスクグラインダー(チップソー)	6.65	6.03
セーバーソー	10.57	5.82
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	74.90	76.61
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	37.51	37.19

表 1 3 異形棒鋼 SD345 - D22 切断時間

破壊器具	切断時間(s)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	14.28	36.94
エンジンカッター(ダイヤモンドプレート)	20.63	13.37
ディスクグラインダー(切断砥石)	35.52	40.87
ディスクグラインダー(チップソー)	17.50	25.96
セーバーソー	48.61	48.08
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	(中断)	484.28
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	413.48	306.96

表 1 1 異形棒鋼 SD295A - D16 切断時間

破壊器具	切断時間(s)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	10.19	19.06
エンジンカッター(ダイヤモンドプレート)	7.23	5.79
ディスクグラインダー(切断砥石)	10.92	17.10
ディスクグラインダー(チップソー)	8.05	6.94
セーバーソー	19.13	12.09
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	105.10	178.08
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	71.28	115.89

表 1 4 異形棒鋼 SD345 - D32 切断時間

破壊器具	切断時間(s)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	32.26	40.44
エンジンカッター(ダイヤモンドプレート)	45.96	36.82
ディスクグラインダー(切断砥石)	106.68	136.89
ディスクグラインダー(チップソー)	47.14	97.04
セーバーソー	70.88	186.95
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	(中断)	(中断)
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	(中断)	(中断)

異形棒鋼は、引っ張り応力に弱いコンクリートと組み合わせることで鉄筋コンクリートの補強剤として強度を増すことに使用されている。例えば、写真15のように井組みに生まれコンクリートに入れられる。

異形棒鋼、破壊器具について考察すると、D32とD22の一部を除いて全部の破壊器具で切断可能であった。切断時間を比較すると、SD245A(D10~16)では、縦置きの状態、横置きの状態ともに、エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)もしくは、ディスクグラインダー(チップソー)が切断時間は短く、SD345(D19~32)では、縦置きの状態は、エンジンカッター(金属用刃)もしくはディスクグラインダー(チップソー)が早く、横置きの状態は、エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)が早いことがわかる。総合的には、エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)とディスクグラインダー(チップソー)が早い切断時間であると言える。

表15 異形棒鋼SD295A - D10 切断後最高温度

破壊器具	最高温度(°C)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	31.9	24.5
エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)	26.9	20.2
ディスクグラインダー(切断砥石)	21.7	16.9
ディスクグラインダー(チップソー)	20.2	14.8
セーバーソー	21.3	13.3
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	95.7	148.8
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	110.7	62.7

表16 異形棒鋼SD295A - D13 切断後最高温度

破壊器具	最高温度(°C)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	38.7	29.8
エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)	29.9	22.8
ディスクグラインダー(切断砥石)	22.9	16.7
ディスクグラインダー(チップソー)	21.1	14.5
セーバーソー	21.4	13.9
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	215.0	140.2
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	182.2	69.9

表17 異形棒鋼SD295A - D16 切断後最高温度

破壊器具	最高温度(°C)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	37.8	28.8
エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)	32.1	21.7
ディスクグラインダー(切断砥石)	24.3	19.0
ディスクグラインダー(チップソー)	19.5	14.5
セーバーソー	22.7	14.5
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	147.1	146.2
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	152.2	137.4

縦設定、横設定との比較では、それぞれの破壊器具の最も適した使用状態での使用において切断時間が早いという傾向があるのではないかと考えていた。しかし、エンジンカッターにおいては、横置きを切断するのが早いと想定していたが、ダイヤモンドブレードでは横設定が、金属用刃では縦設定が早かった。ディスクグラインダーにおいては、刃を水平に使用するのが早いと想定していたが、SD245Aは、切断砥石では縦設定が、チップソーでは横設定が早かった。SD345はどちらも縦設定が早かった。

これは、破壊器具より取り付けられている刃の種類により影響があると考えられる。砥石系の刃では、切断時に刃の側面の摩擦による損失が大きく影響し、少しでも側面が当たる場合、切断時間に影響してしまう。チップソー、ダイヤモンドブレードのように先端に刃があり側面の摩擦が小さい場合には、切断部分に十分な力が加わ

表18 異形棒鋼SD345 - D19 切断後最高温度

破壊器具	最高温度(°C)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	33.3	60.6
エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)	63.6	29.5
ディスクグラインダー(切断砥石)	25.9	19.9
ディスクグラインダー(チップソー)	20.2	14.3
セーバーソー	22.6	16.6
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	227.0	176.6
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	234.0	175.1

表19 異形棒鋼SD345 - D22 切断後最高温度

破壊器具	最高温度(°C)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	38.3	63.9
エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)	43.6	31.3
ディスクグラインダー(切断砥石)	27.4	28.3
ディスクグラインダー(チップソー)	20.1	16.8
セーバーソー	24.2	17.7
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	(中断)	164.2
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	182.3	162.3

表20 異形棒鋼SD345 - D32 切断後最高温度

破壊器具	最高温度(°C)	
	縦設定	横設定
エンジンカッター(金属用刃)	42.0	51.1
エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)	46.5	47.9
ディスクグラインダー(切断砥石)	26.8	25.9
ディスクグラインダー(チップソー)	20.6	19.4
セーバーソー	23.9	25.4
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	(中断)	(中断)
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	(中断)	(中断)

り早く切断できていると考えられる。

セーバーソーにおいては、D19より太いものに関しては、どちらが早いとはいえない。今回は、ストロークは19mmで行ったが、切断時、金属火花が出なく、全般的に振動が強く感じられた。ストローク数を最大にするとピストンが往復する際の反動で器具を確保する両方の手がしびれるほどで、この振動が大きいためその影響からそれほど早さの差が生じないと考えられる。D16までの小径のものに対しては、刃を縦にして切断する方が早い。

プラズマ金属加工機においては、縦設定の場合、溶けた金属が流れ落ちずプラズマアークの届かないところで再度固まってしまう、溶けた金属を上手く飛ばさないと溶断することができない。横設定の場合、溶けた金属が縦の場合よりも下に流れ、一度溶かしたところを再度溶かす必要がないために、早く溶断できると考えられる。これらのことから、使用刃、使用状況により切断時間に影響を与えている。

切断後の最高温度を比較したのは、鉄筋が傷病者を穿孔している場合には最高温度が低い方が身体により影響を与えることが少ないと考え、計測した。縦設定ではディスクグラインダー(チップソー)が、一番温度が低く、横設定では、SD245は、セーバーソーが、SD345はディスクグラインダー(チップソー)が、一番温度が低いために良いと考えられる。切断している時間が長くなれば、切断、溶断にエネルギーを使っている時間も長くなるために熱が上昇すると考えられる。エンジンカッター、ディスクグラインダー(切断砥石)、セーバーソー、プラズマ金属加工機は、異形棒鋼の径が太くなるほど切断時間がかかり、最高温度は上昇しているが、ディスクグラインダー(チップソー)では、径の違いによる切断時の温度変化があまりない。

それぞれの破壊器具について考察すると、エンジンカッターは、切断時間は今回の破壊器具と比較すると早く切断でき、温度も切断時間が長時間にならなければ上昇しないためこの2つの面で見ると良好である。しかし、異形棒鋼の先端を切断するだけでは重量があり過ぎ、狭隘な環境での使用は困難と考えてよい。また切断時の火花の量が多すぎる点が評価を下げることとなる。(写真16参照)

今回試験的に使用したダイヤモンドブレードを装着した場合は、レジノイドの金属刃を装着した場合に比べ火花が若干少なく、被切削物の種類によって刃を替えることがなく、さらに、レジノイドの金属用刃のように側面に刃がないため摩擦抵抗を受けないことから今回の検証で使用した被切削物に対しては評価が高くなる。

ディスクグラインダーは、切断時間はエンジンカッターに次いで早く、温度は、他の破壊器具と比較しても低い値となった。小さく扱いやすいが、径が太くなると刃を当てるだけでは切断することができず、器具の位置を

金属刃を装着した場合

ダイヤモンドブレード
を装着した場合



写真16 異形棒鋼の切断状況(エンジンカッター)

替えたり回しながら切断しなければならず、D32の横設定では、時間がかかっている。破壊器具の中では、比較的振動も少なく簡単に扱える器具である。また、エンジンカッターに比べ、火花の出方は少なく、チップソーでは、火花にはなりにくいですが切削くずがかなり飛散することから、回転数を調整したり、飛散防止シートで覆うことにより二次災害は起きにくいと考えられる。(写真17参照)

切削砥石

チップソー



写真17 異形棒鋼の切断状況
(ディスクグラインダー)

セーバーソーは、切断時間はエンジンカッター、ディスクグラインダーと比較しても引けをとらない早さである。しかも温度の上昇は少なく熱の伝導による影響は少ないと考えられる。また火花はほとんど発生しないため切削くずによる二次災害はかなり抑えられると考えられる。(写真18参照)しかし、セーバーソーは振動が強く、救助活動では、この振動による身体への影響は大きいと予想される。



写真18 異形棒鋼の切断状況(セーバーソー)

プラズマ金属加工機は、鋼板やステンレス板などの薄板を溶断するのは得意とするが、このような異形棒鋼は難しい。プラズマアークが届く有効距離は15mmくらいになるので一方向からしか当てられない場合、D22以

上になると溶けた金属が下に落ちる横設定でも出力を上げて溶断はできない。

そして、溶かして切るという特徴から熱の影響が大きく、最高温度は非常に高くなる。しかし、早く溶断できれば、切断直後は他の破壊器具と変わらない程度の温度である。熱が伝わってしまうと溶断部分から離れた部分でないと触れることはできない。(写真19、20)



写真19 異形棒鋼の破壊状況 D3 2 (プラズマ金属加工機)



写真20 異形棒鋼の破壊状況 (プラズマ金属加工機)

以上のことから、異形棒鋼の切断について破壊器具の評価を表21に示す。表中の記号は、◎○△×で示し、○は切断可能、△は条件付で可能、×は切断不可能を示し、◎は切断可能で特に良いと感じたものを示す。評価としては、以下の項目について考感した。

- ・ 切断可能、不可能
- ・ 切断時間
- ・ 切断確実性
- ・ 切断時の安全性
- ・ 操作性
- ・ 火花の有無

表21 異形棒鋼に関する破壊器具の評価

破壊器具	異形棒鋼の切断	
	切断時間	熱影響
エンジンカッター(金属用刃)	○	△
エンジンカッター(ダイヤモンドブレード)	◎	△
ディスクグラインダー(切断砥石)	○	◎
ディスクグラインダー(チップソー)	◎	◎
セーバーソー	○	◎
プラズマ金属加工機(出力電流 8A)	△	×
プラズマ金属加工機(出力電流 12A)	△	×

4 考察

今回扱った破壊器具は4種類、刃を交換して計6種類になるが、それぞれ特徴があり、現場をイメージした場合、すべてにおいて万能な器具とはいかなかった。理想的な破壊器具は、水に強く、電源ケーブルなどがなく、軽量で操作性が良く、酸素欠乏等の影響がなく、可燃物質のあるところでも使え、何でも破壊、切断できること…等々数えればきりが無い。現在使われている破壊器具も万能とはいえないが、歴史があり、操作する側の慣れもあるため適材適所で使いこなしているように思われる。

現在使用しているエンジンカッターも金属用刃などのレジノイド刃だけでなく、今回使用した刃の交換の必要のないダイヤモンドブレードも性能が高いことが示され、またAC電源ではあるが、ディスクグラインダーも条件によってはエンジンカッター以上の性能を示すこともあり、市販製品の使用も破壊器具の可能性を広げるきっかけになると思われる。セーバーソーに関しては、バッテリー残量を見ることができないことや容量が少ないこと、振動が大きいことなど、改良されればさらに破壊器具として向上する可能性がある。プラズマ金属加工機も、アセチレンガス溶断などよりも装置の構成部品数が少なく操作も簡単で扱いやすいことから、溶断機の活用幅を広げることになると考えられる。

5 まとめ

消防活動では安全かつ迅速に行動しなければならない。さらに、救助活動にあつては、早さはとても重要なものになってくる。今回は評価の一つとして破壊、切断時間を計測したが、その結果のみで破壊器具を判断するとエンジンカッターがとても優秀な破壊器具として評価されてしまう。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、また活動を考えた場合、活動現場の状況、使用環境、使いやすさ等を考慮すると、破壊、切断時間だけではなく破壊器具の評価の必要性が現れてくる。今回の検証で、破壊器具の破壊・切断スピードだけではなく他の評価方法について少しでも参考になればと考える。

6 参考文献

- 1) 日本機械学会機械工学便覧2編
加工学・加工機器 第5章 切削加工
- 2) 消防機器便覧 東京消防庁装備研究会
- 3) 特許庁ホームページ 特許で分かる切断方式第4章
- 4) バッテリーソー及びバッテリードリルの概要・活用状況等について 東京消防庁警防課計画係

Performance Verification of Forcible Entry Tool, etc. (Second Report)

Toshimitsu Miyajima*, Teruaki Nagakura**

Abstract

We carried out comparative evaluations on the forcible entry tools for firefighting operations, such as the engine cutters with newly attached blades that can be used for multiple cutting purposes and with a saver saw that have been added to the forcible entry tools, etc. used in Part 1. They were evaluated according to their cutting time and usability by cutting and fusing the reinforcing bar (deformed bar).

*Equipment Safety section **Shimura Fire Station