低水位河川等からの有効取水に関する研究（第１報）

高橋　公也*，湯浅　弘章**，細谷　昌右**，森永　健治**，佐藤　衛寿**

概　要

阪神大震災等、大規模災害における火災時の水利として、自然水利である河川の有効活用が消防にとっての至上命題となっている。

そこで本研究は、東京都内の水利不足地域にある低水位河川からの有効取水の可能性、及び市販されている低水位河川用吸水器具の性能について検証を行ったものである。

その結果は、次のとおりである。

1　一般的吸水性能としての最大吸水量は、現用ストレーナーと低水位用吸水器具に大差はない。
2　吸水限界水位は、現用ストレーナーが 15 cmであるのに対し、低水位用吸水器具は 5 cmであり低水位の河川に対応可能である。
3　現用ストレーナー及び低水位用吸水器具は、枯葉等の吸水障害により、吸水時間の経過と共にその性能が減少していく。
4　低水位用吸水器具は、ゴミよけネット等を活用することにより吸水障害に対する性能を向上でき、ある程度の吸水性能を保持できる。

1　はじめに

吸水器具に求められる性能として、枯葉等が散在する河川においても継続的に吸水できること、着脱が容易である事、枯葉等が付着した際の対処が容易である事などが挙げられる。このことから、特に本研究（第１報）では、低水位用吸水器具として現在市販されている製品１号及び製品２号の吸水性能、使用性能、低水位河川での有用性等を検証し、当庁で使用している現用ストレーナーの諸性能と比較することを目的とする。

2　吸水器具の種類

製品１号、製品２号及び現用ストレーナーの形状、構造等を比較したものを表１、写真１に示す。

製品１号は、円盤状であり、結合部のエルボ状自在継ぎ手により平面に対し安定して設置できる特長を有する。円盤部の側面にあるステンレス製メッシュ部より吸水する。（写真２参照）

製品２号は、結合部を町野式にすることにより、着脱の利便性を高めている。ボックス部の下部周囲が開口しており、当該開口部より吸水する。（写真３参照）

製品１号及び製品２号は、共に形状は全く異なるものの大きさ・質量は同程度である。

3　検証実験日時等

(1)　日時　平成 15 年 7 月 22 日～平成 15 年 7 月 29 日
　　平成 15 年 9 月 4 日～平成 15 年 9 月 5 日
(2)　場所　東京消防庁消防科学研究所総合実験室前
(3)　ポンプ車　研究所 1(P02122)
　　A2 級 2 段 R 3 ポンプ
(4)　水利　簡易組立水槽

表１　各種吸水器具比較表

名　称	製品１号
寸　法	外形 300 mm　円盤高さ 45 mm　高さ 246 mm
質　量	約 3.5 kg
材　質	本体　アルミ合金、メッシュ部　ステレンス
結合部	75 mmメスねじ式
名　称	製品２号
寸　法	台板 340×215 mm　高さ 127 mm
質　量	約 3.5 kg
材　質	本体　ステレンス、口金　アルミ合金
結合部	65 mm町野式
名　称	現用ストレーナー
寸　法	φ110×235 mm
質　量	約 0.4 kg
材　質	ポリプロピレン
結合部	75 mmメスねじ式

＊荏原消防署、＊＊第三研究室

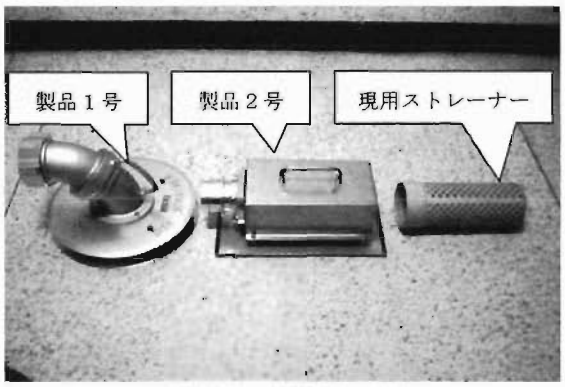

写真１　各種吸水器具

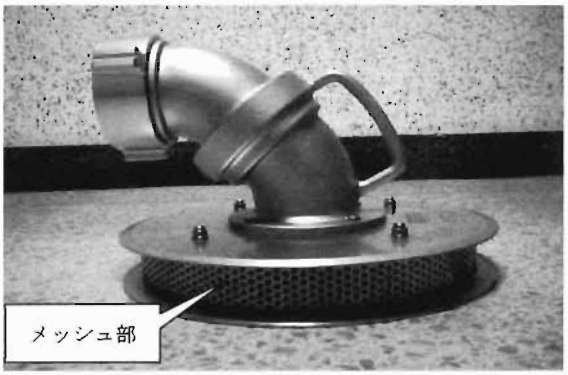

写真２　製品１号

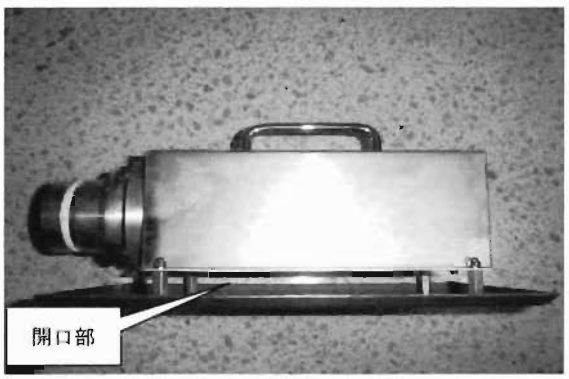

写真３　製品２号

４　検証実験方法

(1)　吸水性能実験

製品１号、製品２号及び現用ストレーナーを対象に、ポンプ圧を 0.1MPa から 0.05MPa ごとに増加させ、キャビテーションが起きるまでそれぞれの圧力での吸水量と連成計示度を測定する。

なお、65 ㎜ホースを 2 線延長し、23 ㎜スムースノズルにより 2 口放水する。落差は 3.2m(水位 60 ㎝)～3.7 m(水位 10 ㎝)とする。実験概略図を図１、実験条件を表２に示す。

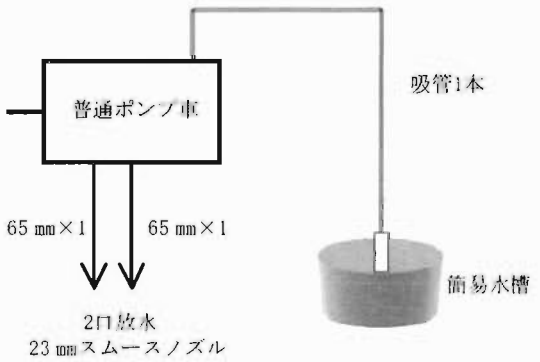

図１　吸水性能実験概略図

表２　吸水性能実験での実験条件

吸水器具	水位
製品１号	60cm、30cm、10cm
製品２号	60cm、30cm、10cm
現用ストレーナー	60cm、30cm

(注)現用ストレーナーは水位 10 ㎝では吸水不能であるため、水位 10 ㎝での実験は行わない。

(2)　吸水限界水位実験

製品１号、製品２号及び現用ストレーナーを対象に吸水限界水位を測定する。本実験の吸水限界水位とは、吸水量を 600L/分に保ちながら水位を徐々に減少させていき、吸水量が 600L/分未満になった時点の水位とする。

なお、65 ㎜ホースを 1 線延長し、23 ㎜スムースノズルにより 1 口放水する。落差は 3.6m(水位 20cm)～3.7 m(水位 10 ㎝)とする。実験概略図を図２、実験条件を表３に示す。

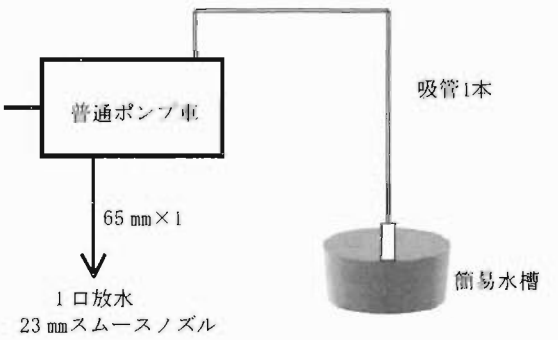

図２　吸水限界水位実験概略図

表３　吸水限界水位実験での実験条件

吸水器具	水位
製品１号	10cmから減少
製品２号	10cmから減少
現用ストレーナー	20cmから減少

(注)現用ストレーナーは水位10cmでは吸水不能であるため、水位20cmから実験を行う。

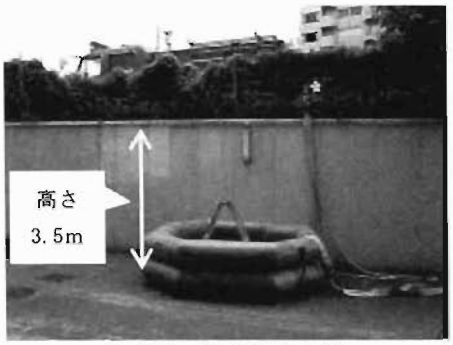

写真４　簡易組立水槽

(3)　枯葉混入実験

製品１号、製品２号及び現用ストレーナーを対象に、簡易水槽に枯葉が混入している条件で吸水実験を行う。時間経過に伴い枯葉が付着していく過程で、一定吸水が可能となる吸水量を測定する。各種吸水器具において枯葉混入時における最大吸水量から実験を開始する。製品１号は付属品のゴミよけネット装着時の実験も行う。

なお、65㎜ホースを２線延長し、23㎜スムースノズルにより２口放水する。落差は3.2m(水位60cm)～3.7m(水位10cm)とする。実験概略図を図３、実験条件を表４に示す。

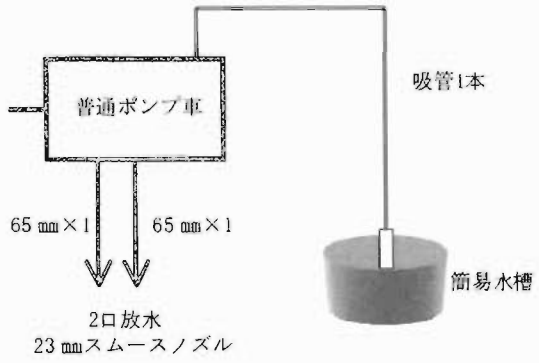

図３　枯葉混入実験概略図

表４　枯葉混入実験での実験条件

吸水器具	水位
製品１号	10cm
製品１号 ゴミよけネット装着	10cm
製品２号	10cm
現用ストレーナー	20cm

写真５　使用ポンプ車

５　実験結果

(1)　吸水性能実験結果

ア　製品１号

各水位における最大吸水量の実験結果を表５に示す。

表５　製品１号の各水位での最大吸水量

水位	60cm	30cm	10cm
ポンプ圧	0.41MPa	0.38MPa	0.30MPa
連成計示度	-66mmHg	-68mmHg	-67mmHg
最大吸水量	1100L/分	1080L/分	1040L/分

(ｱ)　水位60cmでは、写真６のように製品１号は完全に水面下にあり、最大吸水量は1100L/分(ポンプ圧0.41MPa)であった。さらにポンプ回転数を上げるとキャビテーションが起こり、吸水量は急激に低下した。

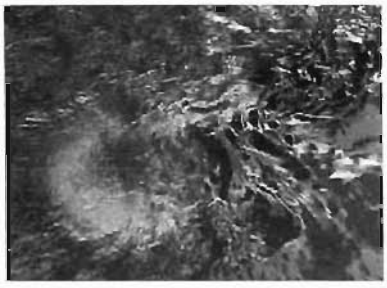

写真６　製品１号(水位60cmで吸水)

(ｲ)　水位 30 cmでは、写真７のように製品１号が丁度水面下となる水位で、最大吸水量は 1080L/分(ポンプ圧 0.38MPa)であった。さらにポンプ回転数を上げるとキャビテーションが起こり、吸水量は急激に低下した。

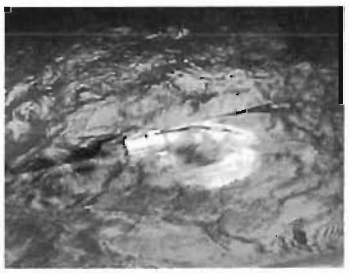

写真７　製品１号(水位30cmで吸水)

(ｳ)　水位 10 cmでは、写真８のように円盤部分は水面下にあるが取手部分は水面から露出した状態で、最大吸水量は 1040L/分(ポンプ圧 0.30MPa)であった。水位 60 cmと比較すると、水位が浅くなることで最大吸水量が約5%減少し、ポンプ圧も低下した。

また、ポンプ圧 0.1MPa、吸水量 610L/分では製品１号の周囲に渦が発生したが(写真８)、渦による空気の混入は見られなかった。更にポンプ圧を上げることで 1000L/分程度の吸水が可能であった。

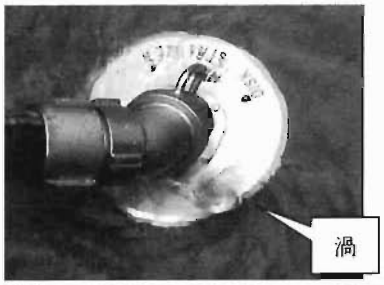

写真８　製品１号(水位10cmで吸水)

(ｴ)　吸水性能図

ポンプ圧を 0.1MPa から 0.05MPa ごとに増加させたときの吸水量の変化を図４に示す。ポンプ圧の上昇と共に、吸水量はほぼ直線的に増加するのが確認された。

現用ストレーナーでは吸水不可能な水位 10 cm、落差 3.7m程度では、吸管１本の吸水により約 1000L/分の安定した吸水が可能であることが確認された。

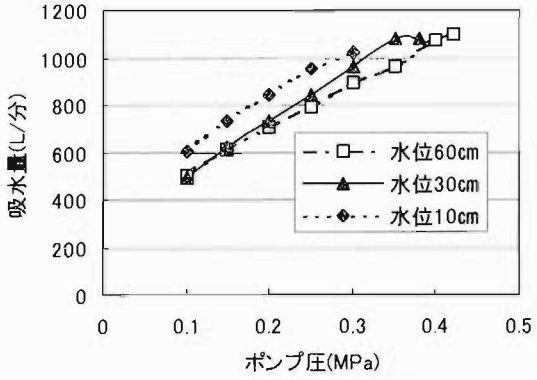

図４　製品１号吸水性能図

イ　製品２号

各水位における最大吸水量の実験結果を表６に示す。

表６　製品２号の各水位での最大吸水量

水　　位	60 cm	30 cm	10 cm
ポ ン プ 圧	0.44MPa	0.36MPa	0.28MPa
連成計示度	-66mmHg	-67mmHg	-70mmHg
最大放水量	1030L/分	1020L/分	1015L/分

(ｱ)　水位 60 cmでは、写真９のように製品２号は完全に水面下にあり、最大吸水量は 1030L/分(ポンプ圧 0.44MPa)であった。さらにポンプ回転数を上げるとキャビテーションが起こり、吸水量は急激に低下した。

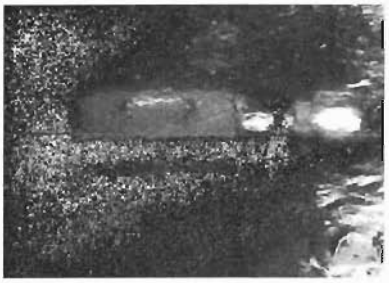

写真９　製品２号(水位60cmで吸水)

(ｲ)　水位 30 cmでは、写真 10 のように水位 60 cmのときと同様、製品２号は完全に水面下にあり、最大吸水量は 1020L/分(ポンプ圧 0.36MPa)であった。水位 60 cmのときと比較して変化は少なかった。

写真 10　製品２号(水位 30cmで吸水)

(ｳ)　水位 10 cmでは、写真 11 のように本体上部は水面から露出した状態で、最大吸水量は 1015L/分(ポンプ圧 0.28MPa)であった。

また、ポンプ圧 0.1MPa、吸水量 510L/分では本体後方に渦が発生したが(写真 11)、渦による空気の混入は見られなかった。更にポンプ圧を上げることで 1000L/分程度の吸水が可能であった。

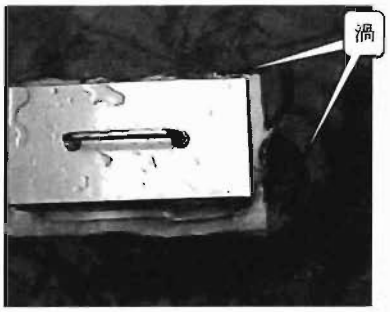

写真 11　製品２号(水位 10cmで吸水)

(エ)　吸水性能図

ポンプ圧を 0.1MPa から 0.05MPa ごとに増加させたときの吸水量の変化を図５に示す。ポンプ圧の上昇と共に、吸水量はほぼ直線的に増加することが確認された。

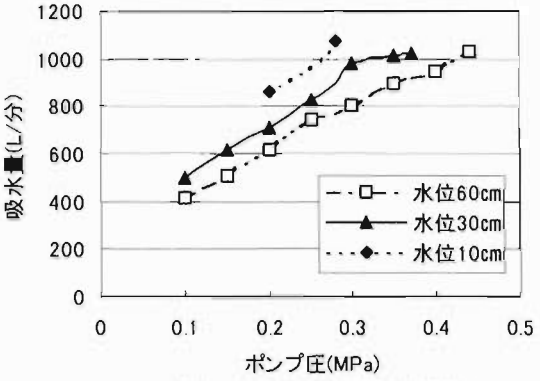

図５　製品２号吸水性能図

ウ　現用ストレーナー

各水位での最大吸水量の実験結果を表７に、ポンプ圧を 0.1MPa から 0.05MPa ごとに増加させたときの吸水性能図を図６に示す。

水位の違いによる大きな変化は見られず、水位 30 cm 以上あれば、1000L/分程度の吸水は十分可能である。また、ポンプ圧の上昇と共に、吸水量はほぼ直線的に増加することが確認された。

表７　現用ストレーナーの各水位での最大吸水量

水　位	60 cm	30 cm	10 cm
ポンプ圧	0.44MPa	0.40MPa	
連成計示度	-68mmHg	-67mmHg	
最大吸水量	1160L/分	1130L/分	

(注)水位 10 cmでは吸水不能であるため、水位 10 cmでの実験は行わない。

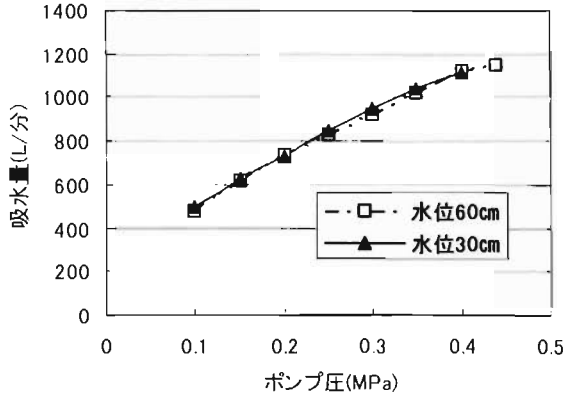

図６　現用ストレーナー吸水性能図

エ　各種吸水器具の比較

各種吸水器具におけるポンプ圧及び最大吸水量の比較を表８に示す。

表８　最大吸水量及びポンプ圧の比較

水　位	60 cm	
比較項目	最大吸水量	ポンプ圧
製品１号	1100L/分	0.41MPa
製品２号	1030L/分	0.44MPa
現用ストレーナー	1160L/分	0.44MPa
水　位	30 cm	
比較項目	最大吸水量	ポンプ圧
製品１号	1080L/分	0.38MPa
製品２号	1020L/分	0.36MPa
現用ストレーナー	1130L/分	0.40MPa
水　位	10 cm	
比較項目	最大吸水量	ポンプ圧
製品１号	1040L/分	0.30MPa
製品２号	1060L/分	0.28MPa
現用ストレーナー		

(ｱ)　水位 60 cmでは、現用ストレーナーと比較すると、製品１号の最大吸水量は約 5%、製品２号の最大吸水量は約 11%減少した。また、製品１号は製品２号より最大吸水量が約 6%多い。

(ｲ)　水位 30 cmでは、現用ストレーナーと比較すると、製品１号の最大吸水量は約 4%、製品２号の最大吸水量は約 10%減少した

(ｳ)　水位 10 cmでは、製品１号と製品２号は同程度の最大吸水量であった。

(ｴ)　製品１号及び製品２号は現用ストレーナーと比較すると、水位 60 cm及び水位 30 cmでの最大吸水量の減少が少なく、現用ストレーナーでは吸水不能な水位 10 cmにおいて吸水可能であることから、低水位用吸水器具として有効である。

(2)　吸水限界水位実験結果

落差 3.7m(水位 10 cm)から吸管１本で 600L/分吸水し、吸水器具から空気が混入して吸水量が 600L/分未満に低下するまでの、各種吸水器具の吸水限界水位を測定した結果を図７に示す。

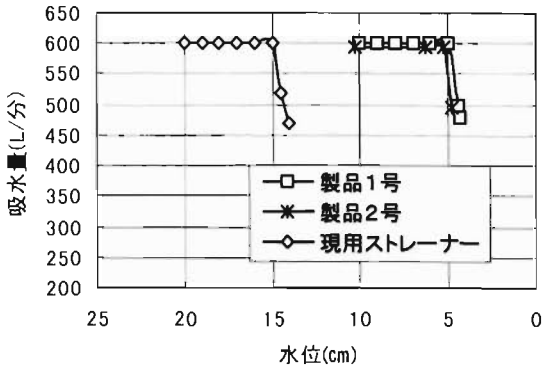

図７　吸水限界水位測定結果

ア　製品１号

(ｱ)　水位 10 cmでは、写真 12 のように大小の渦が発生していたが空気の混入はなく、600L/分(ポンプ圧 0.36MPa)の吸水が可能であった。なお、水位８cm以下になると渦は発生しなかった。

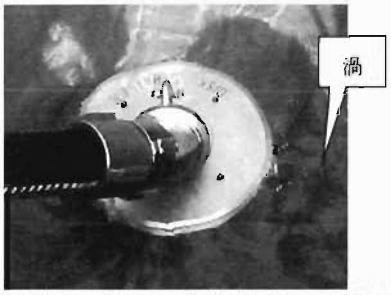

写真 12　製品１号(水位 10cm で吸水)

(ｲ)　水位５cmまでは 600L/分の吸水量を保ったが、水位 4.5 cmになると吸水量は 500L/分まで低下した。製品１号の円盤部の高さが 4.5 cmであるため、4.5 cm以上の水位でなければ吸水は不可能である。よって、円盤部が水面下となるような水位が吸水可能の目安となる。

イ　製品２号

(ｱ)　水位５cmまでは 600L/分の吸水量を保ったが、水位 4.8 cmになると吸水量は 500L/分まで低下した。

(ｲ)　水位４cmの状態から吸水すると、最大吸水量は 400L/分が限界であった。よって、水位４cmでの吸水は、低吸水量が許容される消防活動に制約される。

ウ　現用ストレーナー

(ｱ)　水位 20 cmでは、写真 13 のように藤かごが完全に水面下にあり、吸水量は 600L/分(ポンプ圧 0.35MPa)であった。渦は発生したが空気の混入はなく、この渦は移動しながら自然消滅した。

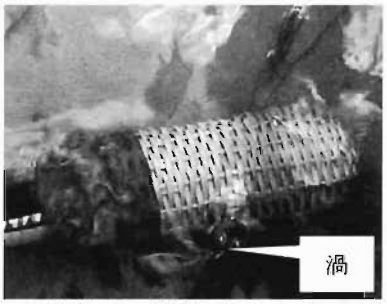

写真 13　現用ストレーナー
(水位 20cm で吸水)

(ｲ)　水位 15 cmでは、藤かごの上部が水面から露出した状態となったが、内部のストレーナーが水面下にあり空気の混入はなく、吸水量は 600L/分であった。

(ｳ)　水位 14.5 cmになると、空気が混入しはじめ吸水量は急激に低下した。よって、600L/分の吸水量を保つには、水面の波の影響などを考慮して藤かごが水面下となるような水位が目安となる。

エ　各種吸水器具の比較

常時 600L/分の吸水が可能となる吸水限界水位は、現用ストレーナーが 15 cm、製品１号及び製品２号が共に５cmであった。吸水限界水位の目安として、現用ストレーナーは藤かごの上端、製品１号は円盤部のナット部上面、そして製品２号は本体ボックスの下半部がそれぞれ水面下にあることが必要となる。

製品１号及び製品２号は、現用ストレーナーと比較すると吸水量が約 10%減少するが消防活動に影響しない許容範囲である。また、現用ストレーナーより 10 cm低い水位５cmまで吸水可能であることから、低水位河川にも対応した通常の吸水器具として活用できると考えられる。

(3)　枯葉混入実験結果

ア　製品１号

水位 10 cmにおける製品１号の時間経過ごとの状況を、写真 14 から写真 17 に示す。

写真 14　吸水前

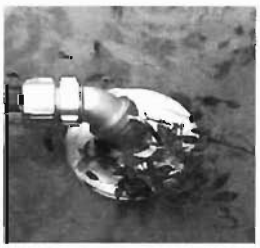

写真 15　吸水 15 秒後

写真 16　吸水 30 秒後

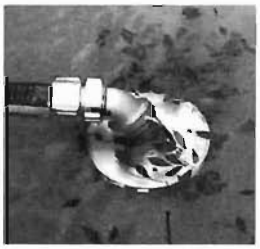

写真 17　吸水３分後

(ｱ)　吸水前の枯葉は、写真 14 に示すように水槽全体に広がっていた。

(ｲ)　吸水 15 秒後、写真 15 に示すように製品１号の周囲に枯葉が集まり始めた。底面にある枯葉はすぐに吸い寄せられ付着し、浮遊しているものは大きな渦になって付着した。

(ｳ)　吸水 30 秒後、写真 16 に示すように枯葉のほとんどが製品１号のメッシュ部に付着し落水した。

落水後、付着した枯葉が離脱したため再度吸水措置を行い吸水すると、約 400L/分で一定吸水可能であった。また、写真 17 に示すように、約 400L/分の低吸水量では枯葉が吸着しないことが確認された。よって、枯葉がある水利から継続して吸水する場合、吸水量を低めに設定する必要がある。

(ｴ)　メッシュ部に付着した枯葉は、吸水停止後容易に離脱した。

イ　製品１号(ゴミよけネット装着時)

ゴミよけネットは、ネット状の袋に製品１号を挿入し、上部を紐で結ぶ単純な操作で容易に装着できる。

ゴミよけネットを装着した製品１号の外観と、時間経過ごとの状況を、写真18から写真21に示す。

写真18　製品１号(ゴミよけネット装着時)

写真19　吸水前

写真20　吸水30秒後

写真21　吸水１分後

(ｱ)　吸水前の枯葉は、写真19に示すように水槽全体に広がっていた。

(ｲ)　吸水30秒後、写真20に示すように大きな渦が発生して枯葉が付着し、製品１号側面には小さな渦が発生した。また、枯葉の付着に伴い吸水量は低下した。

(ｳ)　吸水１分後、写真21に示すように枯葉のほとんどが製品１号の周辺に集まり、約400L/分で一定吸水可能であった。

(ｴ)　吸水30秒後までは吸水量が多いため、水の流れとともに枯葉が集まる量と速度は速く、製品１号に付着する枯葉の量は急激に増加した。その後、吸水量の低下で枯葉の付着する割合は小さくなった。

(ｵ)　吸水１分後、ほとんどの枯葉が付着しても落水することはなかった。しかし、枯葉の量が多い河川で長時間吸水した場合、落水する可能性が考えられる。

(ｶ)　ゴミよけネットに付着した枯葉は、吸水停止後容易に離脱した。

ウ　製品２号

製品２号の時間経過ごとの状況を、写真22から写真25に示す。

写真22　吸水前

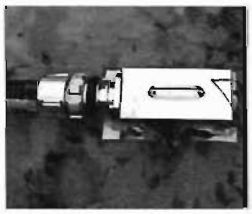

写真23　吸水10秒後

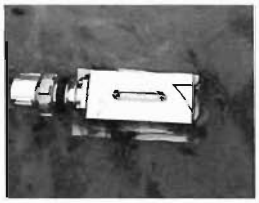

写真24　吸水20秒後

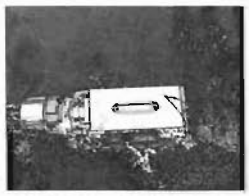

写真25　吸水１分後

(ｱ)　吸水前の枯葉は、写真22に示すように水槽全体に広がっていた。

(ｲ)　吸水10秒後、写真23に示すように製品２号の周囲に枯葉が集まりボックス内に吸入されていった。

(ｳ)　吸水20秒後、写真24に示すように製品２号の周囲にあった枯葉がさらにボックス内に吸入され、吸水量が低下し始めた。

(ｴ)　吸水１分後、写真25に示すように水槽内の全ての枯葉が製品２号のボックス内に吸入された。吸水量は約500L/分となり一定吸水可能であった。

(ｵ)　製品１号と同様に、枯葉の量が多い河川で長時間吸水した場合、落水する可能性が考えられる。

(ｶ)　ボックス内に吸入された枯葉は、写真26に示すようにボックス内メッシュ部に張り付いており、枯葉を離脱する際には台版を取り外す必要がある

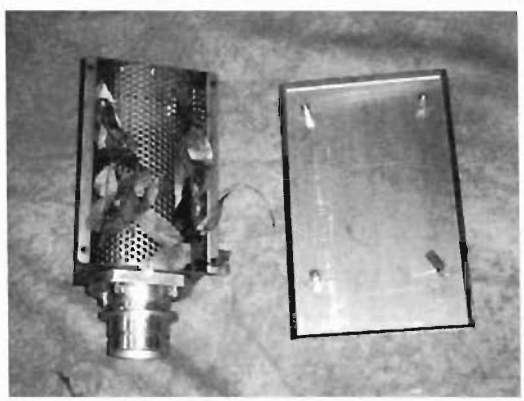

写真26　製品２号ボックス内に吸入された枯葉

エ　現用ストレーナー

現用ストレーナーの時間経過ごとの状況を、写真 27 から写真 30 に示す。

(ｱ)　吸水前の枯葉は、写真 27 に示すように水槽全体に広がっていた。水深 20 cmでは藤かごの上部は水面下にある状態である。

(ｲ)　吸水 30 秒後、写真 28 に示すように枯葉が藤かご上部に集まり始め付着した。

(ｳ)　吸水 1 分後、写真 29 に示すように吸水 30 秒後と同程度の枯葉付着量であった。

(ｴ)　吸水 3 分後、写真 30 に示すように藤かごへの枯葉付着量は増加し、約 800L/分で一定吸水可能であった。

(ｵ)　藤かごに付着した枯葉は、吸水停止後容易に離脱した。

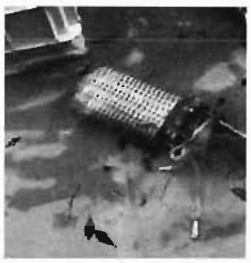

写真 27　吸水前

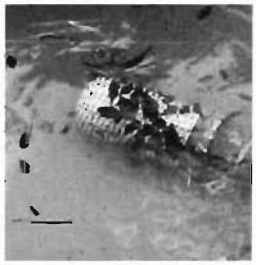

写真 28　吸水 30 秒後

写真 29　吸水 1 分後

写真 30　吸水 3 分後

6　考察

(1)　吸水性能実験

吸水性能実験において、各種吸水器具の最大吸水量は、消防活動上支障のない十分な数値であった。また、製品 1 号及び製品 2 号は、水位 10 cmという現用ストレーナーでは対応不可能である水利においても、吸水が可能である。特に製品 1 号は、水位 10 cmでの最大吸水量が 1040L/分であり、低水位の水利でも非常に有効であることが確認された。

(2)　吸水限界水位実験

吸水限界水位実験において、製品 1 号、製品 2 号共に 5 cmという吸水限界水位が測定された。いずれの場合も吸水限界水位における吸水量は 600L/分であり、1 口のみでの消防活動に制約される。しかし、5 cmという水位は現用ストレーナーでは水利として使用不能の水位であり、1 口ながら消防活動が可能となるこれら低水位用吸水器具の有効性は高いと考えられる。

(3)枯葉混入実験

枯葉混入実験において、製品 1 号及び製品 2 号は、現用ストレーナーでは吸水不能の水位 10 cmかつ、枯葉が混入された実験条件で、吸管 1 本で 400L/分～500L/分の一定吸水が可能であった。今回の擬似的低水位河川とした簡易水槽での実験条件では、低水位用吸水器具の活用可能性は高いと考えられる。

また、枯葉が付着した際の対処について、製品 1 号及び現用ストレーナーは、吸水停止後に枯葉は容易に離脱出来るが、製品 2 号はボックス内メッシュ部に枯葉が張り付き、台板を取り外す必要がある。よって、枯葉付着時の離脱操作の容易性では、製品 2 号より製品 1 号の方が優れている。

7　まとめ

(1)　本検証実験において、吸水限界水位及び枯葉混入時における吸水性能の観点から、現用ストレーナーに対する製品 1 号及び製品 2 号の有利性が確認された。

(2)　水位 10 cmで枯葉が混入された実験条件で、500L/分の一定吸水が可能であった製品 2 号が、低吸水量での吸水継続性において最も高性能であった。

(3)　本検証実験では、吸水時間が短いため、長時間吸水した場合の落水可能性は検証されていない。また、実際の低水位河川では、多量の枯葉・泥等の吸水障害物が散在している場合が考えられる。よって、今後この様な実際の低水位河川において、製品 1 号及び製品 2 号の吸水性能を検証する必要がある。

(4)　製品 1 号ではゴミよけネットが付属品とされており、当該付属品を装着した場合、僅かではあるが枯葉混入実験において吸水性能が向上した。

(5)　本検証実験の吸水性能実験において、水位 30 cmまでは現用ストレーナーの最大吸水量が最も多い。水位が十分保たれた河川等であれば、現用ストレーナーの吸水性能は非常に高い。

RESEARCH ON THE EFFECTIVE WATER PUMPING AT LOW WATER LEVEL RIVERS (FIRST REPORT)

Kimiya TAKAHASHI*, Hiroaki YUASA**, Masasuke HOSOYA**,

Kenji MORINAGA**, Eiju SATO**

Abstract

As the fire fighting water source to cope with the fires at the time of catastrophic calamities such as the Great Hanshin Awaji Earthquake, natural water in rivers should be effectively used. This is the most imperative issue in the fire service today.

This research focuses on the possibility that water can be effectively pumped up from the low water level rivers in the area that is insufficient of water sources in Tokyo, and on the performance of the commercial water pumping instruments for low water level rivers.

The results were as follows:

1. The maximum amount of water pumping, as general water pumping ability, is practically equal, regarding the strainers equipped now and the water pumping instruments for low water level rivers.
2. The limit of the water level for pumping is 15cm for the current strainers, while it is 5cm for the water pumping instruments for low water level rivers.
3. The trouble in water pumping caused, for example, by the dead leaves involved, lowers the performance of both the strainers and the pumping instruments wiht the elapse of time.
4. With garbage nets equipped, the water pumping instruments have less pumping trouble, and can maintain a certain level of water pumping ability.

*Ebara Fire Station **Third Laboratory