

住宅用火災警報器の警報音の聞こえ方に関する検証

町井 雄一郎*, 金子 公平*

概要

平成18年から20年の間に当庁管内で発生した住宅用火災警報器に係る奏功事例には、屋外や隣棟(戸)等火災が発生した住戸以外の場所で、警報音に気づいた割合が約40%含まれていた。そこで、本検証では火災が発生した住戸のみならず、屋外等の場所でも有効に認知される警報音について検証するため、アンケート調査及び耐火造共同住宅の実験棟を用いた騒音レベルの測定等を行った。

その結果、屋外等で認知されやすい警報音は音声を含む警報音であり、有効に火災の発生を知らせるには、警報音の音声部分を電子音と比較して同程度以上の騒音レベルが必要であることがわかった。

1 はじめに

住宅用火災警報器(以下、住警器という)は、設置されている住戸の居住者に対して、火災の発生を早期に報知するものとされている。しかし、当消防技術安全所において、平成18年から平成20年の住警器の奏功事例を分析したところ、火災が発生した住戸以外の場所である、屋外や隣棟、隣戸等の場所で、住警器の警報音に気づいたことで、火災の未然防止や延焼防止が図られた割合が、約40%も含まれていることがわかった。これは、住警器は必ずしも屋内にいる人のみに警報をする自助作用だけでなく、隣人や屋外にいる人にも警報をする共助作用があるということである。

本検証はこの点に着目し、音を聞いただけで火災として認知される警報音とはどのような音か、また、屋外においても有効に住警器の警報音として認知され、共助作用を高めるような警報音とはどのようなものか検証した。

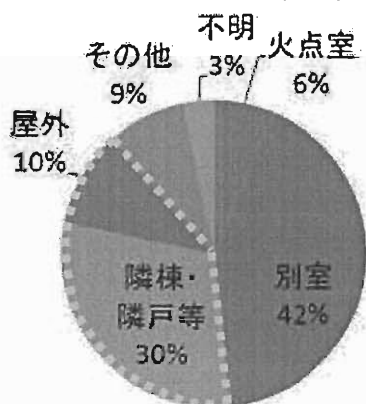


図1 火点室に対する住警器の警報音に気づいた場所の割合(破線部:火点建物以外の場所)

2 検証方法

(1) 住警器の警報音に関するアンケート調査

火災の発生は体感できないが、警報音は聞こえている状況や鳴動している実体が見えない状況を想定して、業務公開や実演視察等の機会に来所した都民の方々を対象に、表1に示す住警器の警報音と日常生活で耳にする電子音を録音した、6種類の音のみを聞いてもらい、表2のアからキの選択肢から、音の発生源と思われる回答を選択してもらった。なお、アンケート調査の被験者数は236人(内訳:20歳未満18人、20以上60歳未満192人、60歳以上26人)である。

表1 聞いてもらった音

①	車がバックしてくる音
②	住警器(電子音タイプ) その1
③	電気ポットの音
④	住警器(電子音タイプ) その2
⑤	携帯電話の着信音
⑥	住警器(電子音+音声タイプ)

表2 アンケート選択肢一覧

ア	目覚まし時計
イ	車がバックしてくる音
ウ	炊飯器、電気ポットのような家電製品
エ	住宅用火災警報器
オ	テレビやテレビゲーム
カ	鳥や動物の鳴き声
キ	電話や携帯電話の着信音

* 装備安全課

(2) 実際の住居を用いた警報音の聞こえ方の検証

検証は、独立行政法人都市再生機構都市住宅技術研究所の協力により、その研究施設の一つである、実際の耐火造の共同住宅を模した KSI 住宅実験棟 (図 2) にて以下のア、イについて行った。



図 2 KSI 住宅実験棟

ア 隣室及び直上室、直下室における警報音の測定

表 3 に示す市販されている住警器 (1m 離れた位置で電子音部分約 90dB、音声部分約 80dB：騒音レベルの内訳以下同じ) を、KSI 住宅実験棟の居室内で鳴動させ、界壁をはさんだ隣室及び直上室、直下室において、界壁やスラブを透過してきた警報音の測定及びヒトの耳による 4 段階の感応評価を行った。なお、感応評価の被験者は、1,000Hz 及び 4,000Hz の音に対して左右の聴力に所見のない者 3 名である。

警報音の測定は JIS C 1509-1 に適合する騒音計及び JIS C 1505 に適合する 1/3 オクターブバンド実時間分析器を使用し、測定器の設定は、JIS C 1502 による人間の聴覚に合わせた周波数補正回路の特性である A 特性で行った。また、測定方法は JIS A 1417 6.3 の固定マイクロホン法による室内平均音圧レベルの測定に準じた方法で測定した。なお、騒音レベルの測定結果は対象騒音と暗騒音の差である SN 比²⁾で表示することとする。

$$SN \text{ 比} = L_1 - L_2 \quad (\text{dB})$$

L_1 : 対象騒音のレベル (dB)
 L_2 : 暗騒音のレベル (dB)

表 3 使用した住警器

	警報音内訳	電子音の種別	音声種別
住警器 1	電子音	ピープ音 (一定)	なし
住警器 2	電子音+音声	スイープ音 (一定)	女声
住警器 3	電子音+音声	スイープ音 (可変)	女声

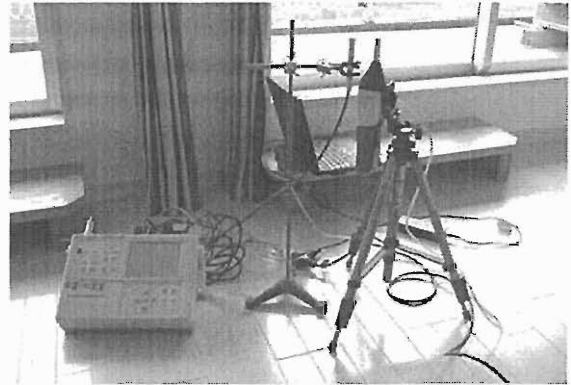


図 3 測定機器

(左: 1/3 オクターブバンド実時間分析器 右: 騒音計)



図 4 室内の測定状況

イ 屋外における警報音の測定

表 3 に示す住警器を KSI 住宅実験棟内の一室で鳴動させ、外気に面した窓の開閉により、建物の外壁から約 10m 離れた屋外でどの程度聞こえるか、騒音計及び 1/3 オクターブバンド実時間分析器を用いて測定した。また、同時にヒトの耳による 4 段階の感応評価も行った。

さらに、この検証では表 4 に示す市販されている住警器である住警器 4 と、住警器 4 の警報音を基に作成した仮想警報音 1、仮想警報音 2 についても同様の検証を行った。なお、騒音レベルの測定結果は SN 比で表示する。

表 4 使用した住警器

住警器 4	電子音+音声
仮想警報音 1	電子音+音声 (住警器 4 の音声部分を電子音と同等の騒音レベルに加工したもの)
仮想警報音 2	電子音+音声 (住警器 4 の音声部分の騒音レベルを電子音と比較して 10dB 大きくなるよう加工したもの)

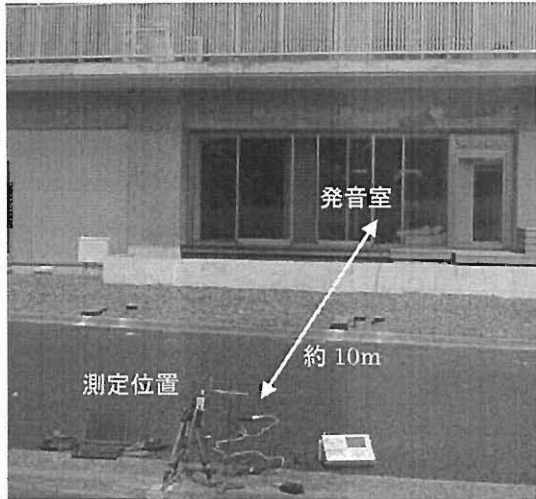


図5 屋外での測定状況

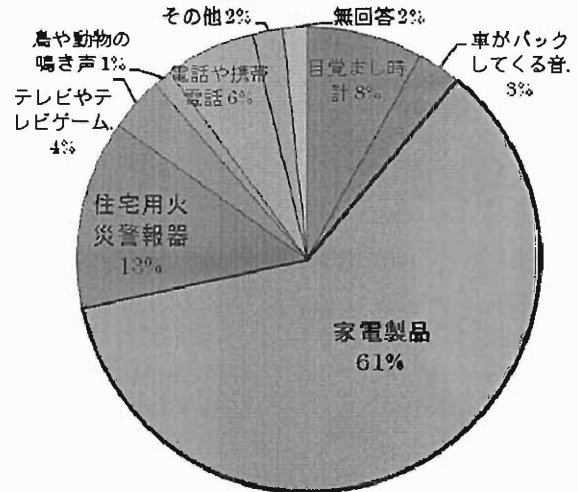


図7 ②(住警器の警報音)の回答内訳

3 結果

(1) 住警器の警報音に関するアンケート調査

都民の方々に聞いてもらった音の正答率を図6に示す。

図6より、アンケートの正答率は、⑥が97%と最も高く、次いで①、⑤が70%以上、他の②、③、④は31%以下という結果となった。正答が住警器の警報音であった②、④、⑥についてみると、電子音のみの警報音である②及び④は正答率が他の音と比べても低く、音のみを聞いただけでは、住警器の警報音として認識され難いことがわかった。また、②、④、⑥の住警器の警報音の回答内訳(図7、8、9)をみると、②の電子音は家電製品として認識される割合が高く、④の電子音は鳥や動物の鳴き声として認識される割合が高いことから、電子音のみの警報音は、それぞれ日常生活上の似たような音として認識される可能性が高いことがわかる。その一方、⑥の電子音に音声を含む警報音は、「火事です」と音声で伝えるため正答率が最も高く、住警器の警報音として認識されやすい結果となった。

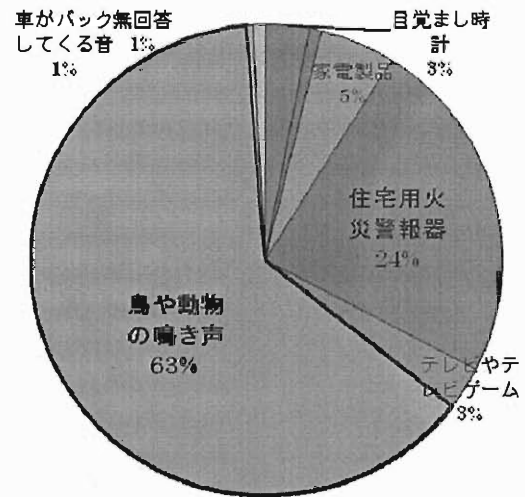


図8 ④(住警器の警報音)の回答内訳

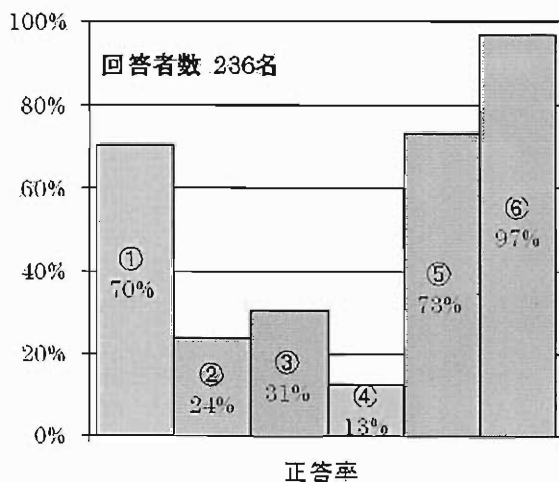


図6 アンケート調査の正答率

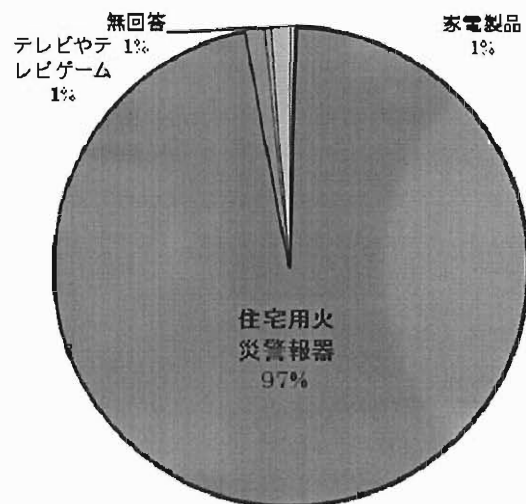


図9 ⑥(住警器の警報音)の回答内訳

(2) 実際の住居を用いた警報音の聞こえ方の検証

ア 隣室及び直上室、直下室における警報音の測定

KSI 住宅実験棟の一室で住警器の警報音を鳴動させ、その隣室、直上室、直下室にてそれぞれ測定した結果を表 5 及び表 6 に示す。なお、測定結果の値は、最も騒音レベルが大きかった周波数（電子音部分は 3,150Hz、音声部分は 1,250Hz）の値から、暗騒音を差し引いた SN 比で表示している。また、ヒトの耳による 4 段階の感応

評価の評価基準は表 6 の下部に示している。

表 5 より、住警器の発音室の隣室及び直下室、直上室で観測される SN 比は、全て 1dB 未満という非常に低い値であり、警報音はほとんど観測室では測定できなかった。また、警報音の感応評価である表 6 から、住警器の警報音は発音室から界壁及びスラブを透過すると、隣室の住警器 1 と住警器 3 が「かすかに聞こえる」以外、全て「全く聞こえない」という結果になった。

表 5 隣室・直下室・直上室における警報音の騒音レベル (SN 比)

警報音種別	発音室		隣室		直下室		直上室	
	電子音	音声	電子音	音声	電子音	音声	電子音	音声
住警器 1	57.1 dB	—	0.1 dB	—	0 dB	—	0.7 dB	—
住警器 2	51.5 dB	32.7 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0.1 dB
住警器 3	58.8 dB	26.7 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	0.4 dB	0 dB

電子音：3,150Hz 音声：1,250Hz

表 6 隣室・直下室・直上室における警報音の感応評価

警報音種別	隣室	直下室	直上室
住警器 1	C	D	D
住警器 2	D	D	D
住警器 3	C	D	D

評価基準 A：よく聞こえる B：聞こえる C：かすかに聞こえる D：全く聞こえない

イ 屋外における警報音の測定

KSI 住宅実験棟の一室で表 3 の住警器の警報音を鳴動させ、屋外で測定した結果を SN 比で表示したものを表 7 に示す。また、この時の感応評価の結果を表 8 に示す。表 7 より、窓が開放されている場合において、警報音は 2.3dB から 22.1dB 程度の騒音レベルで測定されたが、窓が閉鎖されている場合は、警報音の電子音部分のみ 5dB から 7.8dB 程度の騒音レベルで測定され、音声部分の騒音レベルは計測できなかった。表 8 の感応評価では、窓が開放されている場合では、全ての警報音が「よく聞こえる」という結果になった。しかし、窓が閉鎖されている場合では、すべて「聞こえる」という評価となっている。これは、警報音のうち電子音部分は聞き取ることができたが、音声部分は聞こえなかったという意味を含

む評価であり、表 7 の測定結果と一致している。

次に、表 4 に示す住警器と仮想警報音を KSI 住宅実験棟の一室で鳴動させ、屋外で騒音レベルを測定した結果を SN 比で表示したものを表 9 に示す。また、この時の感応評価の結果を表 10 に示す。表 9 より、仮想警報音 1 及び仮想警報音 2 は、窓の開閉に関わらず、4.9dB から 17.9dB 程度の騒音レベルで測定された。一方、住警器 4 は窓が閉鎖された場合には音声部分は測定できなかった。また、表 10 に示す感応評価の結果は、表 9 の測定結果と一致しており、窓が開放された場合には、全ての警報音及び仮想警報音が「よく聞こえる」という評価になっているが、窓が閉鎖されている場合では、住警器 4 のみ音声部分が聞き取れず、「聞こえる」という評価になった。

表 7 屋外における警報音の騒音レベル (SN 比)

警報音種別	発音室		窓閉鎖		窓開放	
	電子音	音声	電子音	音声	電子音	音声
住警器 1	57.5 dB	—	5.0 dB	—	22.1 dB	—
住警器 2	54.6 dB	40.2 dB	7.1 dB	0 dB	12.6 dB	6.1 dB
住警器 3	62.8 dB	33.0 dB	7.8 dB	0 dB	16.8 dB	2.3 dB

電子音：3,150Hz 音声：1,250Hz

表 8 屋外における警報音の感応評価

警報音種別	窓閉鎖	窓開放	備考
住警器 1	B	A	窓が閉鎖された状態では音声は聞き取れなかった
住警器 2	B	A	窓が閉鎖された状態では音声は聞き取れなかった
住警器 3	B	A	窓が閉鎖された状態では音声は聞き取れなかった

評価基準 A:よく聞こえる B:聞こえる C:かすかに聞こえる D:全く聞こえない

表 9 屋外における音声部分の音圧を変化させた警報音の騒音レベル (SN 比)

警報音種別	発音室		窓閉鎖		窓開放	
	電子音	音声	電子音	音声	電子音	音声
住警器 4	54.6 dB	40.2 dB	7.1 dB	0 dB	12.6 dB	6.1 dB
仮想警報音 1	60.7 dB	48.7 dB	5.8 dB	4.9 dB	17.9 dB	13.5 dB
仮想警報音 2	60.4 dB	54.7 dB	5.7 dB	6.4 dB	17.7 dB	15.6 dB

電子音: 3,150Hz 音声: 1,250Hz

表 10 屋外における音声部分の音圧を変化させた警報音の感応評価

警報音種別	窓閉鎖	窓開放	備考
住警器 4	B	A	窓が閉鎖された状態では音声は聞き取れなかった
仮想警報音 1	A	A	—
仮想警報音 2	A	A	—

評価基準 A:よく聞こえる B:聞こえる C:かすかに聞こえる D:全く聞こえない

4 考察

(1) 住警器の警報音に関するアンケート調査

アンケート調査に用いた住警器の警報音のうち、電子音のみの警報音では正答率が低く、電子音と音声による警報音の正答率が高いことから、音声を含む警報音が認識されやすいことがわかった。これは、人間の聴覚が大体 3,000Hz から 4,000Hz の音に対して敏感であり²⁾、多くの家電製品の報知音がこの周波数の音を用いている³⁾のに対して、実験で使用した住警器の警報音が図 10 のような、3,000Hz から 4,000Hz 程度の周波数であり、家電製品の報知音と間違えやすい音であったためと考えられる。また、住警器以外の音である①、⑤については、音声を含む音ではないにも関わらず、70%以上の高い正答率となっている。これは、普段から聞き慣れた音であり、音を聞いただけで、音の発生源が判別できるためであると思われる。しかし、住警器の警報音はメーカーによっても異なり、多数の警報音が存在することから、やはり、電子音のみの警報音を聞いただけでは、住警器の警報音であると認識され難いと思われる。従って、警報音のみの住警器では、鳴動している実態が確認できない場合や、熱や煙の臭い等により火災の発生が体感できない場合には、鳴動しても日常に存在する、似たような音として認識され、住警器の警報音として認識されにくい

と考えられる。

一方、電子音と音声で火災を知らせる警報音は、はっきりと「火事です」という言葉で、警報音の発生原因を知らせるため、住警器の警報音として認識されやすいと考えられる。

このことから、建物の外部等において、壁体等を透過して聞こえる住警器の警報音を聞いた場合、電子音のみの警報より、音声を含む警報音が、住警器の警報音として認識される可能性が高いと考えられる。

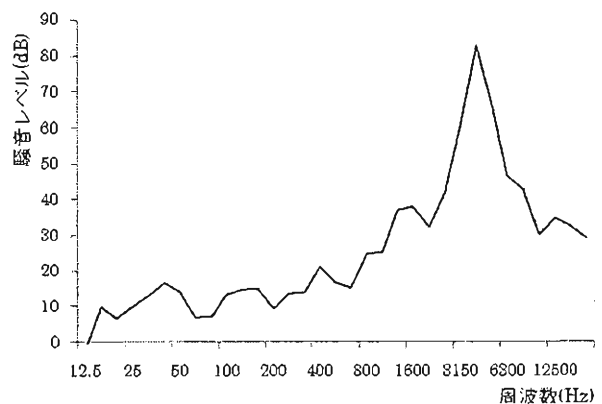


図 10 ②の住警器の警報音の周波数と騒音レベル

(2) 実際の住居を用いた警報音の聞こえ方の検証

ア 隣室及び直上室、直下室における警報音の測定

隣室、直下室、直上室における騒音レベルの測定について、KSI 住宅実験棟において実施した本検証では、隣室や直下室、直上室において、発音室からの住警器の警報音はほとんど測定されず、ヒトの耳による聞き取りが困難であった。これは、建築基準法第 30 条（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）において、長屋又は共同住宅の各戸の界壁に遮音性能をもたせるよう規定されており、建築基準法施行令第 22 条の 3（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）において技術的基準が、表 11 の左欄の振動数に対して、それぞれ右欄の透過損失以上の値にすることが定められているためだと考えられる。これは、例えば、発音室で 2,000Hz の振動数で 90dB の騒音レベルを示していた警報音が、界壁を透過すると 40dB まで下がってしまうということである。つまり、本検証の建物は遮音性能が高い共同住宅であったこともあり、測定地において、ヒトの耳で聞き取ることは困難であったことがわかる。このことから、長屋又は共同住宅の一室において、住警器が鳴動したとしても、界壁やスラブを透過してくる警報音を認識することは困難であると考えられる。

表 11 長屋又は共同住宅の界壁の遮音構造

振動数	透過損失
125 Hz	25 dB
500 Hz	40 dB
2,000 Hz	50 dB

イ 屋外における警報音の測定

建物外壁から約 10m 離れた屋外で警報音等の騒音レベルを測定したにも関わらず、前アの検証結果と比較して高い騒音レベルの数値がでていることから、警報音が鳴動している住戸以外の場所では、建物の界壁やスラブを透過してくる警報音ではなく、窓等の外壁建具を透過してきた警報音が聞こえやすいと考えられる。

次に、表 7 と表 8 より、市販されている住警器は窓が閉鎖されている状態では、音声部分までは聞き取ることができなかったが、表 4 に示す仮想警報音 1 及び仮想警報音 2 については、窓が閉鎖されていても、屋外で認識された。このことから、音声部分の騒音レベルが、電子音に対して同程度かそれ以上の騒音レベルを有さなければ、窓が閉鎖されている状態では、電子音部分と音声部分の両方を認識されることは困難であると考えられる。また、騒音があるなかで言葉をどれだけ聞き取れるか実験を行った報告⁴⁾によると、音声と騒音が同じ音圧の場合、若年者は言葉の聞き間違いが少なく、高齢者も音声と騒音が同じ音圧であれば誤答率は 30%以下となつて

いるというものがある。この報告からも、暗騒音よりも警報音の音声部分が数 dB から数十 dB 高くなっている本検証の結果から、外壁から約 10m 離れた屋外にて、音声部分を認識することは可能といえる。

先に述べたアンケート調査の結果を合わせて考えると、住警器の警報音が鳴動している住戸の外部にいる人に有効に認知されるには、窓等の外壁建具を透過してくる住警器の警報音が音声警報を含むものであり、かつ、音声部分の騒音レベルが電子音部分の騒音レベルと同程度以上であり、暗騒音と比較して数 dB 高い騒音レベルであることが必要だと考えられる。

5 おわりに

(1) アンケート調査の結果から、音声が入った警報音の方が、住警器の警報音として認識されやすいことがわかった。

(2) 耐火造の共同住宅では、市販されている住警器の警報音が、スラブや界壁を通して伝わる音よりも、窓等開口部を通して伝わってくる音の方が、警報音が鳴動している住戸以外の場所で聞こえやすいことがわかった。

(3) 電子音部分よりも音声部分の騒音レベルが低い住警器の警報音は、窓等の開口部を透過して伝えた場合、電子音部分は認識しやすいが、音声部分は認識し難いことがわかった。

(4) しかし、電子音部分に対して音声部分の騒音レベルが、同程度かそれ以上の警報音は、窓等が閉鎖されていても音声部分を認識することができると考えられる。

(5) 以上のことから、市販されている住警器の警報音が「火災が発生した住戸のみならず、屋外等の場所でも有効に認知される」という性能をより高めるためには、有効にその警報音が伝わり、早期に認識されるため、音声部分の騒音レベルが、電子音と同程度以上の騒音レベルである警報音が望ましい。

謝辞

本検証を実施するにあたり、独立行政法人都市再生機構都市住宅技術研究所から、実験施設の提供等、多大なご支援及びご協力をいただいたことを心より感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 町井雄一郎ほか 2 名：奏功事例分析から見た住宅用火災警報器の効果、消防技術安全所報、46 号、p102、2009
- 2) 山田由紀子著：建築環境工学、培風館、1989
- 3) 倉片憲治ほか 2 名：高齢社会における家電製品の報知音、第 3 回人間工学関連技術シンポジウム、1997
- 4) 聴覚機能計測結果報告書、人間生活工学研究センター、2001

Verification of How the Warning Sound of the Residential Fire Alarm is Heard

Yuuichirou MACHII*, Kouhei KANEKO*

Abstract

Of all the successful fire alarm activation cases which occurred in homes of the TFD' s area in fiscal 2008 through 2010, 40% was the cases where passer-by(s) or neighbors were the first to recognize the warning sound. In order to verify the warning sound which can be effectively recognized not only inside the house but also outside, we sent out questionnaires to the public and at the same time measured the sound levels by using a simulated apartment building.

Consequently, we found that the warning sound that is easily recognizable outdoors is the voice-containing sound. So, in order to alert people successfully, it is necessary to make the voice-component of the warning sound equal to or greater than the electronic sound-component in noise level.