

# 住宅街遊水地に設置する警報用スピーカの最適配置に関する提案

(株) CTI ウイング 佐野 智顕

○ 内藤 博司

植田 佳世

## 論文要旨

住宅街近くに遊水地を設置する事例は多数あるが、平水時は子供達や地域住民の憩いの場所として利用され、洪水時には貯留地として使用されている。

平水時から洪水時に切り替わる時は、遊水地利用者に避難を促すため、スピーカ等より警報放送を行っている。

しかし、遊水地を利用しない近隣住民から騒音の苦情が発生しており、警報放送をしづらくしていた。

本件は、遊水地内及びその周辺に確実に警報放送を伝達し、それ以外は警報放送エリアを最小限とするため、遊水地の周囲雑音レベル(暗騒音)を調査し、警報放送を聞くことができるスピーカの最適配置を検討した。

キーワード：スピーカ配置検討、音達計算、周囲雑音レベル、暗騒音、スピーカ種別検討

## まえがき

遊水地内及びその周辺には確実に警報吹鳴を伝達し、それ以外は警報放送エリアを最小とする必要がある。

本論文は、スピーカ種別毎の指向性や、その地域の暗騒音とスピーカの音圧差から必要なスピーカの最適配置を提案した。

## 1. 一般的なスピーカの配置計画

警報用スピーカの配置案は、スピーカ種別毎の音達距離に基づいて配置計画が行われている。この音達距離は音の特性上周圍の影響を受けやすく、音達実験により音達範囲を確認して設計を行うが、音達実験は近隣住民の協力が必要で、苦情の発生している住宅街において音達実験を行うのは困難であった。

そのため、机上設計で音達範囲を確認した。電気通信施設設計要領・同解説(以下、「設計要領」という。)では、スピーカ種別毎の音達距離は以下のとおり計算されている。

表 -1 スピーカ種別毎の音達範囲<sup>1)</sup>

装置名		音達距離	備考
サイレン	0.75kW	約500m	
	2.2kW	約800m	
スピーカ	50W	約300m	
	100W	約400m	

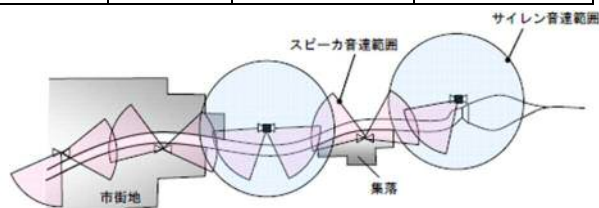


図-1 警報局の配置例<sup>2)</sup>

## 2. スピーカの音圧レベル計算

設計要領によるスピーカの配置計画では、音達実験を行ってスピーカの配置計画を設定している。

しかし、今回の検討場所の一部は緑地公園として利用されているが、住宅街に隣接した遊水地である。

この遊水地では、河川水位が設定値を超えると、遊水地に河川の一部を貯留するため、事前に警報吹鳴を行って避難を促しているが、遊水地内の緑地公園に越流しない事例も多く、近隣住民から騒音問題として苦情が上がっている。そのため、近隣住民に音達実験の理解を頂くことが困難であり、机上検討でスピーカの音達範囲を検討することになった。

スピーカの音達距離は距離毎の音圧レベルを計算することで求めることができる。以下に音圧レベルの計算式を示す。

$$G=S+10\times\log_{10}P-20\times\log_{10}D \quad \dots\dots\dots\text{式-1}$$

G：出力音圧レベル、

S：スピーカの効率 (dB/W・m)

P：スピーカ出力 (W)

D：スピーカからの距離 (m)

防災用スピーカで最も多く利用されているレフレックス型スピーカの効率は110dB (1W/1m) で、距離減衰を加味した音圧レベルの計算結果を図-2に示す。

その結果、スピーカの音達距離は音圧レベルが78dBの時であり、設計要領で計算されている目標到達レベルと一致する。

$$\text{目標到達レベル}=\text{目標 S/N (10dB)}+\text{周囲雑音レベル (65dB)}+\text{スピーカ角度損 (3dB)}=78\text{dB}$$

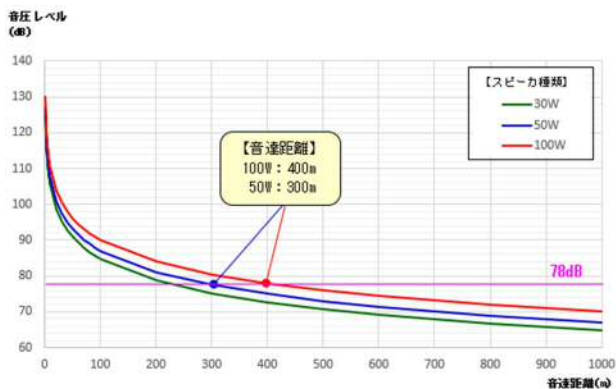


図-2 スピーカ種別毎の音圧レベル

### 3. 目標音圧レベルの計算

スピーカから放送される内容を理解するためには、その周囲の雑音レベルより高い音圧レベルで放送を行う必要があり、所要S/N(周囲雑音との音圧レベル差)は10dB以上を確保することで約93%の放送内容を理解することが可能である。

各地点における目標音圧レベルは以下の計算から算出することができる。

$$\text{目標音圧レベル} = \text{所要S/N} + \text{周囲雑音レベル}$$

所要S/Nについては、各種基準によって10dB~20dBと数値が異なるが、遊水地へ確実に放送内容を伝える必要があることから、「ダム放流警報システム計画・設計指針(案)」で規定している、最も厳しい20dBを設定した。

### 4. 周囲雑音レベルの測定

スピーカの配置計画を行うため、遊水地内の周囲雑音レベルを50m間隔で測定した。測定結果を表-3に示す。

今回調査した遊水地は、近くに小さな空港もあり、周囲雑音レベルが高いと想像していたが、遊水地内における周囲雑音レベル平均値は48.0dBと住宅地程度の低さであった。

表-2 雑音レベルの目安

騒音の程度	騒音レベル	騒音の程度別
会話不可能	120dB	最大可聴値(疼痛感) 航空機エンジンの近く/至近距離での雷 騒音のはげしい地下鉄の駅
会話が困難	110dB	工場サイレンの近く
	100dB	列車が通過する時の高架下 地下鉄車内/電車の駅
	90dB	機械作業場/空調機械室/印刷工場内
会話をするために 大声を出さなければ ならない	80dB	印刷工場/交差点 待合室/マーケット
	70dB	劇場/百貨店/銀行のロビー 騒がしい事務所内
楽に会話ができる	60dB	レストラン/大きな商店/普通の会話 都市周辺住宅地/事務所内/ホテルロビー
	50dB	劇場・映画館の観客のざわめき
	40dB	一般の住宅(平均値) 静かな住宅地
	30dB	郊外/ラジオ放送スタジオ
	20dB	木の葉がすれ合う音
	10dB	ささやき声
	0dB	最小可聴値

48dB  
周囲雑音レベルの平均値

表-3 周囲雑音レベルの測定結果

NO	調査地点	周囲雑音レベル (dB)			備考
		最大	最小	平均	
01	NO.1 警報局より西へ150m	62.7	43.7	47.7	
02	NO.1 警報局より西へ100m	61.3	39.4	41.8	
03	NO.1 警報局より西へ50m	56.2	37.3	41.1	
04	NO.1 警報局地点	52.4	39.6	42.7	
05	NO.1 警報局より東へ50m	60.5	36.7	44.5	
06	NO.1 警報局より東へ100m	63.3	41.5	44.1	
07	NO.1 警報局より東へ150m	60.7	37.7	43.8	
08	NO.2 警報局より南西へ150m	52.3	36.1	39.8	
09	NO.2 警報局より南西へ100m	56.4	38.4	43.4	
10	NO.2 警報局より南西へ50m	52.4	40.6	45.5	
11	NO.2 警報局地点	60.5	43.6	48.2	
12	NO.2 警報局より北東へ50m	61.8	40.1	46.3	
13	NO.2 警報局より北東へ100m	72.4	47.0	50.6	
14	NO.3 警報局より南西へ150m	57.4	45.8	47.8	
15	NO.3 警報局より南西へ100m	49.1	45.2	46.9	
16	NO.3 警報局より南西へ50m	73.6	42.7	46.9	
17	NO.3 警報局地点	59.0	47.9	49.6	
18	NO.3 警報局より北東へ50m	60.5	47.4	50.1	
19	NO.3 警報局より北東へ100m	58.2	45.5	50.1	
20	NO.3 警報局より北東へ150m	57.2	44.4	47.5	
21	NO.4 警報局より西へ150m	51.7	45.5	48.0	
22	NO.4 警報局より西へ100m	52.1	43.4	46.9	
23	NO.4 警報局より西へ50m	55.2	43.5	47.9	
24	NO.4 警報局地点	56.4	46.5	48.9	
25	NO.4 警報局より東へ50m	59.0	44.3	49.3	
26	NO.4 警報局より東へ100m	60.0	44.3	49.3	
27	NO.4 警報局より東へ150m	57.9	46.4	50.1	
28	NO.5 警報局より西へ150m	60.2	49.9	54.1	工場の近く
29	NO.5 警報局より西へ100m	72.1	57.7	61.2	＃
30	NO.5 警報局より西へ50m	73.3	56.5	60.6	＃
31	NO.5 警報局地点	66.8	52.8	57.4	＃
32	NO.5 警報局より南東へ50m	55.0	40.8	43.3	
33	NO.6 警報局より北西へ100m	50.4	41.4	43.8	
34	NO.6 警報局より北西へ50m	50.7	40.1	41.9	
35	NO.6 警報局地点	46.9	43.7	45.0	
36	NO.6 警報局より南東へ50m	53.1	48.7	50.6	
37	NO.6 警報局より南東へ100m	59.0	46.0	49.3	
38	NO.7 警報局地点	50.9	41.9	45.1	航空機の影響あり
39	NO.7 警報局より南西へ50m	61.7	39.7	47.3	＃
40	NO.7 警報局より南西へ100m	52.0	41.9	45.9	＃
41	NO.7 警報局より西へ100m	59.6	45.1	50.1	＃
42	調節池中央	53.3	47.4	49.2	＃
43	NO.8 警報局地点	59.3	55.0	56.8	＃
44	NO.8 警報局より東へ50m	53.9	50.6	51.6	＃
45	NO.8 警報局より東へ100m	58.1	46.4	49.1	＃
	全体	73.6	36.1	48.0	

周囲雑音レベルの測定は、1分間の平均値をそのエリアの周囲雑音レベルとして設定した。

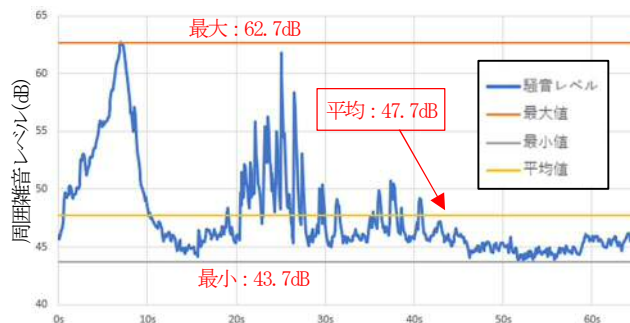


図-3 NO.1地点の周囲雑音レベル測定データ

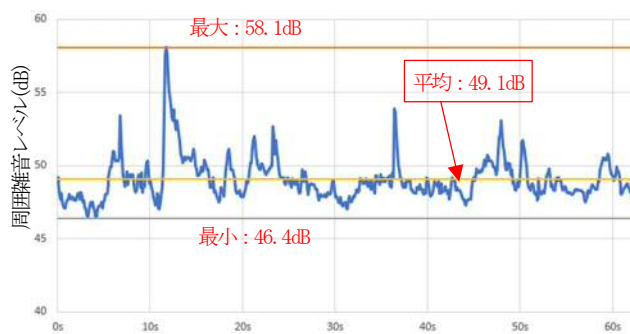


図-4 NO.45地点の周囲雑音レベル測定データ

### 5. 警報局の配置検討

周囲雑音レベルの測定結果より、警報局の配置検討を行った。

警報局に設置するスピーカは、レフレックス型が一般的であるが、指向性のあるストレート型と高性能型のラインアレイスピーカを加えて比較検討を行った。なお、警報局の音達エリアは既設警報局に各スピーカを設置した際の音圧レベルを計算し、目標音圧レベルを超えている区間を各警報局の音達エリアに設定した。

既設警報局はNO.1～NO.8まで配置されているが、音圧レベルを計算した結果、NO.2警報局とNO.4警報局は他の警報局と音達範囲が重なっており、警報局を削除することが可能であることを確認した。

なお、直線距離でスピーカ音が届くところは式1の計算を行い、屈折(回折)する区間については、式1に音圧レベルの減衰量20dBを加えて計算を行った。

既設警報局にスピーカを設置した際の音達範囲を図5に、警報局の配置を見直した音達範囲を図6に示す。

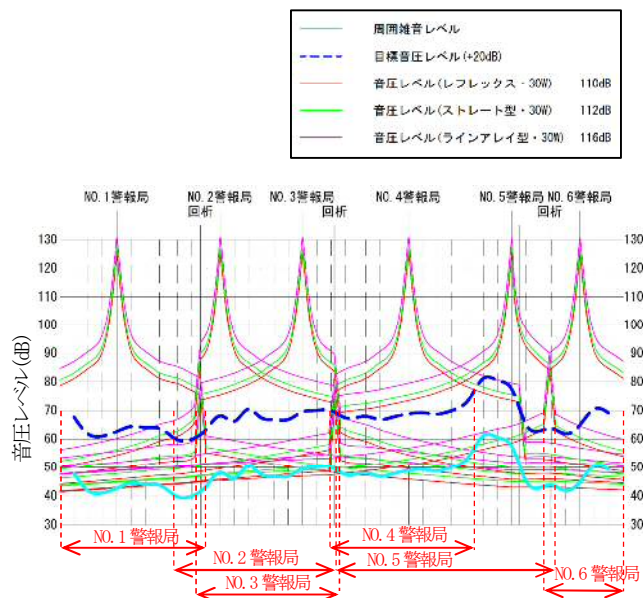


図-5 既設警報局における音達範囲

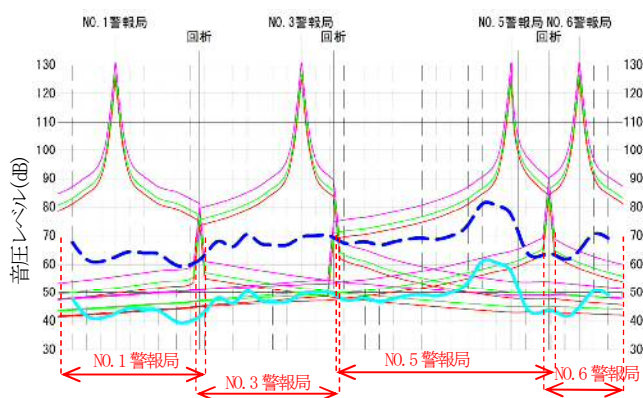


図-6 警報局の配置を見直した音達範囲

### 6. スピーカ種別の検討

本検討対象の遊水地は周辺地域より低い位置にあり、全長は約1900m、幅は約15mの細長い施設である。

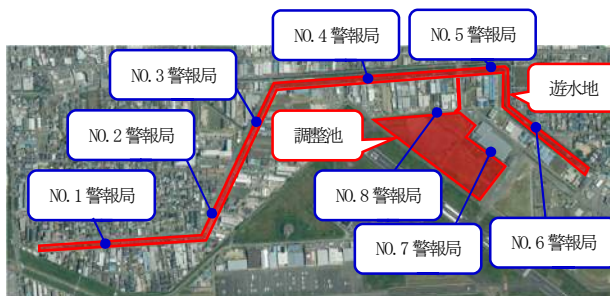


図-7 本設計の遊水地及び調整池

スピーカ音が直線で届かないところは減衰量が高く、スピーカ種別を変更しても、音達距離に大きな差が無いことが確認できた。

住宅街への騒音対策として、スピーカ種別毎の音源の広がり方を検討した。

表-4 スピーカの特徴

	レフレックス	ストレート	ラインアレイ
外形イメージ			
指向性			
出力音圧レベル	110dB(1W/1m)	112dB(1W/1m)	116dB(1W/1m)
音達範囲 <sup>※1</sup> (30W時)			

※1：周囲雑音レベルが48dB時(本設計時)の音達範囲

ラインアレイ型スピーカはレフレックス型スピーカより広範囲に警報放送を伝えることが可能であるが、地域住民にとっては騒音エリアが広がることになる。

ストレート型スピーカはレフレックス型スピーカに比べ、音達距離が25%長く、横方向の音達エリアが約30%削減できるため、ストレート区間の多い遊水地にはストレート型スピーカを採用し、横方向にも広い調整池にはレフレックス型スピーカを採用する。

## 7. スピーカの最適配置の検討【まとめ】

既設設備は、周囲雑音レベルを都市周辺住宅地相当の 60dB と設定し、音達範囲を半径約 200m の扇型としてスピーカの配置設計を行っていた。既設設計時の警報放送エリアを図-8 に示す。

しかし、遊水地の周囲雑音レベルを調査した結果、平均で約 48dB しかなく、この時のスピーカの音達範囲は約 690m も有ることを確認した。そのため、周囲雑音レベルを 48dB とし、スピーカの指向性を加味した警報放送エリアを図-9 に示す。

スピーカ種別をストレート型に変更し、音達エリアが重複していたスピーカを削除してスピーカ配置を見直した。見直し後の警報放送エリアを図-10 に示す。

本設計により、スピーカ設置数を削減しても、警報放送が必要なエリア全域をカバーすることができ、騒音問題となっていた住宅街については、警報放送エリアと重複エリアを減らせることが判明した。

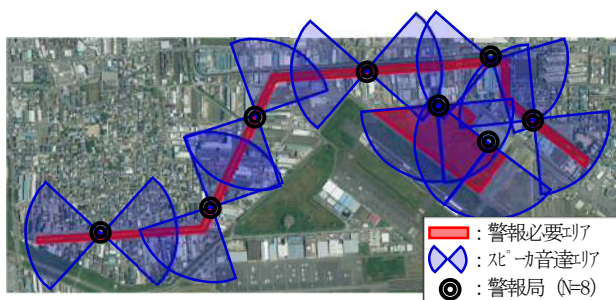


図-8 既設スピーカの音達範囲 (設計時)

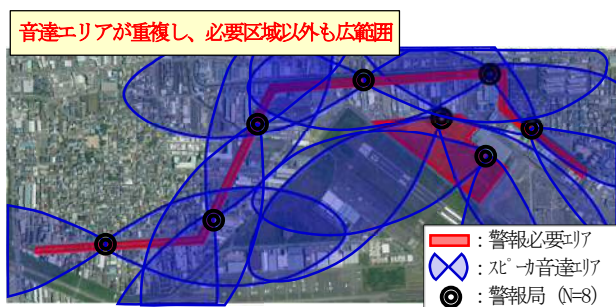


図-9 既設スピーカの音達範囲 (調査・修正後)

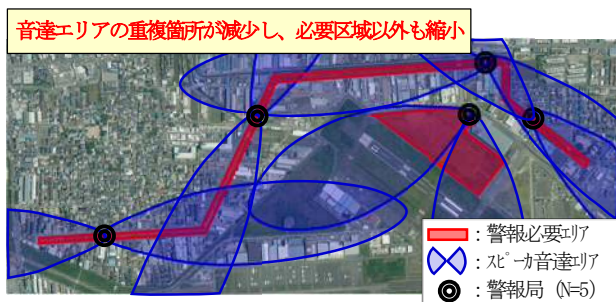


図-10 変更後の音達範囲 (今回検討案)

## あ と が き

本論文で対象とした業務は、遊水地に設置する警報放送に対して、地域住民の騒音問題を低減するため、スピーカの最適配置を検証したものである。

業務を通じて、その地域の周囲雑音レベルが音達範囲で重要であることを改めて検証する機会を与えて頂き、発注者ならびに関係機関の方々に深く感謝の意を表します。

## 参考文献 (または引用文献)

- 1) 電気通信施設設計要領・同解説 (通信編) 平成 29 年版：一般社団法人建設電気技術協会, 平成 29 年 11 月 (発行年月), P7-7 (引用頁)
- 2) ダム放流警報システム計画・設計指針 (案)・同解説：国土交通省河川局河川環境課, 平成 23 年 4 月 (発行年月), P2-31 (引用頁)
- 3) 電気通信施設設計要領・同解説 (通信編) 平成 29 年版：一般社団法人建設電気技術協会, 平成 29 年 11 月 (発行年月), P7-13 (引用頁)