

# 騒音シミュレーション技術の活用事例

宮川 忠明\*

## Case Study of the Sound Simulation

by Tadaaki MIYAGAWA

### Abstract

In a plan stage, examples requesting examination of construction noise or factory noise are increasing. Here, the sound simulation software "Sound PLAN" is used to introduce examples of predicted noise levels. For construction noise, we predicted noise levels when breaking concrete. For factory noise, we predicted noise at the site boundaries of production machine and equipment. We also compared the noise levels in the contours before and after measures were implemented to highlight the improvement.

### 要 旨

計画段階において、工事騒音や工場騒音の検討が求められる事例が増えてきている。ここでは、音響シミュレーションソフト「SoundPLAN」を用い、騒音レベルを予測した事例を紹介する。工事騒音は、はつり作業時と生コン打設時の周辺建物への影響を検討した。また、工場騒音は、生産機械や設備機器からの稼働音の敷地境界線上での騒音レベルを予測した。予測結果は、防音対策前後の騒音レベルをコンター図で比較し、改善効果が視覚的に分かりやすいように表現した。

キーワード：騒音シミュレーション／工事騒音／工場騒音／設備騒音／敷地境界線

## 1. はじめに

近年、CSR（企業の社会的責任）やコンプライアンス（企業活動における法令順守）が非常に重視され、誠実な企業活動が求められている。ここで取り上げる工事騒音や工場騒音についても、周辺環境に対しこれまで以上の配慮が求められるようになった。

工事騒音については、騒音規制法で特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準が示されており、敷地境界線上の騒音の大きさ 85dB 以下、作業を行ってはいけない時間帯、1日の作業時間などが定められている。これら規制値を厳守することはもちろんであるが、周辺環境への影響を最小限に抑え

るために、計画段階において、対策案の立案とその効果を予測することが求められるようになった。

また、工場騒音については、騒音規制法で特定工場において発生する騒音の規制に関する基準が示されており、時間帯や区域の区分、または地域の条例により敷地境界線上での騒音レベルが定められている。これら規制値を厳守するため、計画段階での事前検討が求められ、工場を新築する場合あるいは生産機械移設に伴い新たに設備機器が設置される場合において、敷地境界線上での騒音レベルの予測が行われる。本報告では、音響シミュレーションソフトを用い騒音予測を行った事例について紹介する。

\* 技術研究所環境研究室

## 2. 工事騒音の予測事例

### 2.1 はつり作業時の騒音予測

#### a. 概要

改修工事において、床のはつり作業により発生する騒音が、開口部から建物外部へ放射されたときの、周辺建物へ与える影響を予測した。予測は、対策前として開口部が窓ガラスの状態と、対策後として窓ガラスの内側に防音シートを設置した場合の状態について行った。

#### b. 解析モデル

図1に解析モデルを示す。A棟が改修建物であり、図中に示すはつり位置が音源である。周辺にはB棟～G棟の建物があり、最も影響を受けるのはG棟となる。

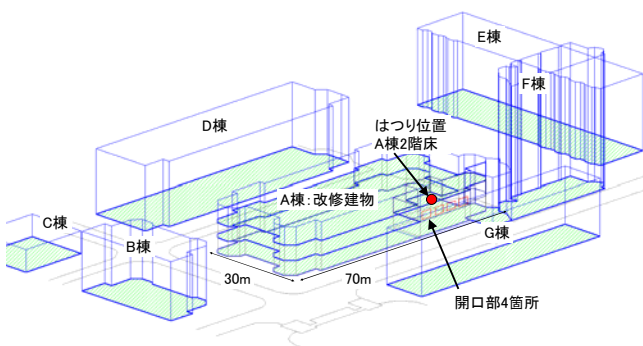


図1 解析モデル

#### c. 計算条件

表1にはつり騒音データを示す。音圧レベル(SPL)は、はつり位置から距離1m離れた場所での実測値(Leq,10sec)である。パワーレベル(PWL)はSPLから表下に示す算出式により求めた。表2に開口部の音響透過損失を示す。対策前はガラスFL4の値、対策後は合わせた透過損失の値を使用した。

表1 はつり騒音データ

音源	機測 [m]	オクターブ帯域中心周波数[Hz]								Over All	dBA
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
はつり騒音	SPL	100	105	104	104	99	94	95	96	110	105
	PWL	108	113	112	112	107	102	103	104		

OverAll: 63Hz～8000Hzのバンド毎の音圧レベルの総和。  
 dBA: 騒音レベル。63Hz～8000Hzのバンド毎に重み付け(A特性)をした音圧レベルの総和。  
 SPL: 音圧レベル  
 PWL: パワーレベル。算出式  $PWL=SPL+20\log(X)+8$  [dB] X: 機測 [m]

表2 開口部の音響透過損失

	安全率	オクターブ帯域中心周波数[Hz]							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ガラスFL4		13	18	22	27	32	31	26	26
	0.9	12	16	20	24	29	28	23	23
防音シート1mm		0	3	7	13	18	23	29	29
	0.9	0	2	6	12	16	21	26	26
合わせた透過損失		13	19	24	31	38	39	36	36
	0.9	12	17	22	28	34	35	32	32

合わせた透過損失の値は、ガラスの透過損失+防音シートの透過損失×1/3とした。

#### d. 騒音レベル分布予測結果

図2に地上5mの平面分布(上:対策前,下:対策後)、図3にA-A'断面分布(上:対策前,下:対策後)を示す。はつり騒音源が2階の床面であり、2階の窓から騒音が放射されている。対策前は、G棟の外壁面での騒音レベルは62dB程度であるが、対策後では59dB程度となり、防音シートの設置により3dB程度の改善効果が期待できる。さらに、G棟居室の室内騒音レベルを予測する場合は、サッシ透過損失による減衰や室内吸音力による補正を行い、日本建築学会の室内騒音に関する適用等級により評価を行う。

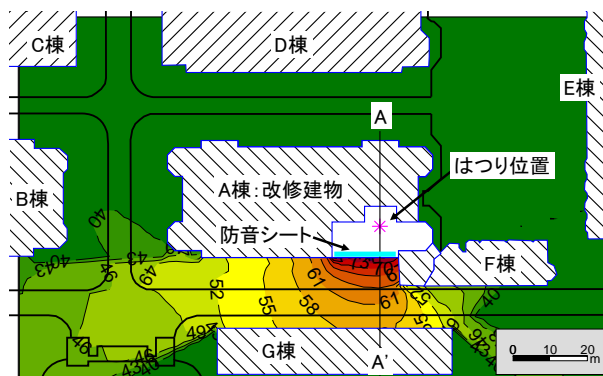
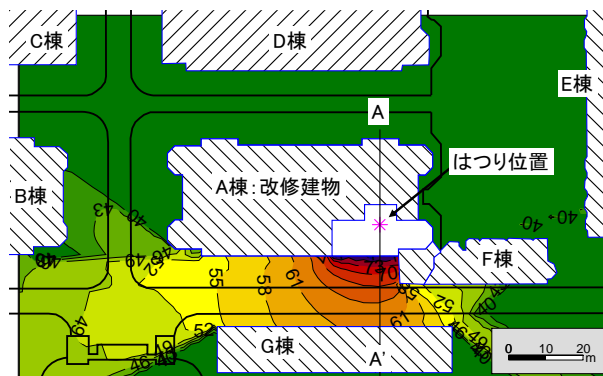


図2 地上5mの平面分布(上:対策前,下:対策後)

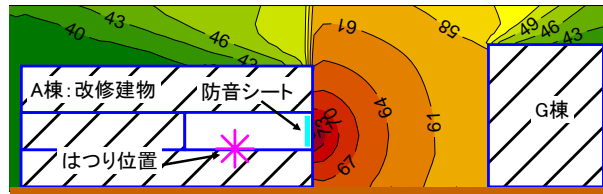
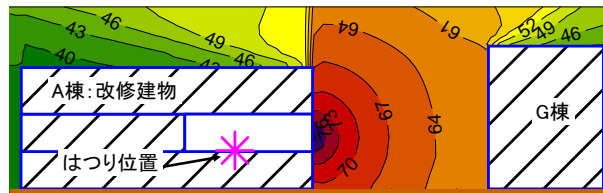
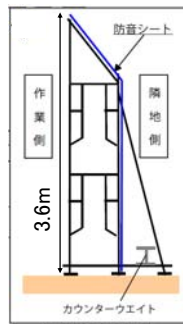


図3 A-A'断面分布(上:対策前,下:対策後)

## 2.2 生コン打設時の騒音予測

### a. 概要

新築工事において、基礎の生コン打設作業により発生する騒音が、周辺建物へ与える影響を予測した。予測は、対策前と、対策後として仮設防音壁を設置した場合の状態について行った。図4に仮設防音壁図を示す。仮設防音壁(高さ3.6m, 幅9m)は単管パイプに防音シートを設置したものである。図4 仮設防音壁図



### b. 解析モデル

図5に解析モデルを示す。計画地周囲には仮囲い(高さ3m)が設置されている。図中に示す生コン車およびポンプ車の位置が音源である。周辺にはA棟~E棟の建物があり、仮設防音壁はB棟への騒音を低減させるために図中の位置に設置した。

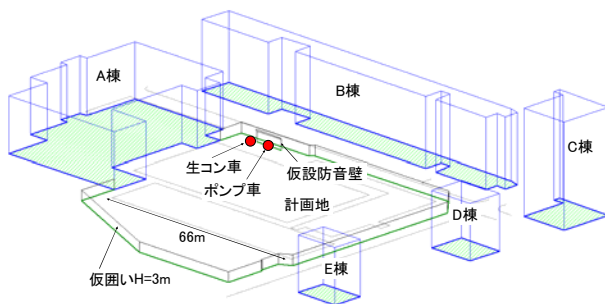


図5 解析モデル

### c. 計算条件

表3にポンプ車および生コン車の騒音データを示す。音源の高さは地上1mとした。表4に仮囲いおよび防音シートの音響透過損失を示す。なお、仮囲いおよび防音シートの吸音率については、吸音効果は期待できないことから全反射として計算した。

表3 ポンプ車および生コン車の騒音データ

音源	機測 [m]	オクターブ帯域中心周波数[Hz]								Over All dBA	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
ポンプ車	SPL	106	104	102	96	88	84	82	82	109	97
	PWL	114	112	110	104	96	92	90	90	117	105
生コン車	SPL	92	96	94	93	92	88	82	82	101	96
	PWL	100	104	102	101	100	96	90	90	109	104

OverAll: 63Hz~8000Hzのバンド毎の音圧レベルの総和。  
 dBA: 騒音レベル。63Hz~8000Hzのバンド毎に重み付け(A特性)をした音圧レベルの総和。  
 SPL: 音圧レベル  
 PWL: パワーレベル。算出式  $PWL=SPL+20\log(X)+8$  [dB] X: 機測 [m]

表4 仮囲いおよび防音シートの音響透過損失

	安全率	オクターブ帯域中心周波数[Hz]							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
仮囲い (鉄板1mm)	0.9	12	17	19	24	28	33	38	38
	0.9	11	15	17	22	25	30	34	34
防音シート (1mm)	0	3	7	13	18	23	29	29	
	0.9	0	2	6	12	16	21	26	26

### d. 騒音レベル分布予測結果

図6に地上1.5mの平面分布(上:対策前, 下:対策後), 図7にA-A'断面分布(上:対策前, 下:対策後)を示す。対策前のB棟外壁面の騒音レベルは、61dB~73dB程度であり、騒音が仮囲いを越えて到達する上層階で大きくなっている。対策後のB棟外壁面の騒音レベルは、55dB~68dB程度と予測でき6dB~5dB程度の改善が期待できる。

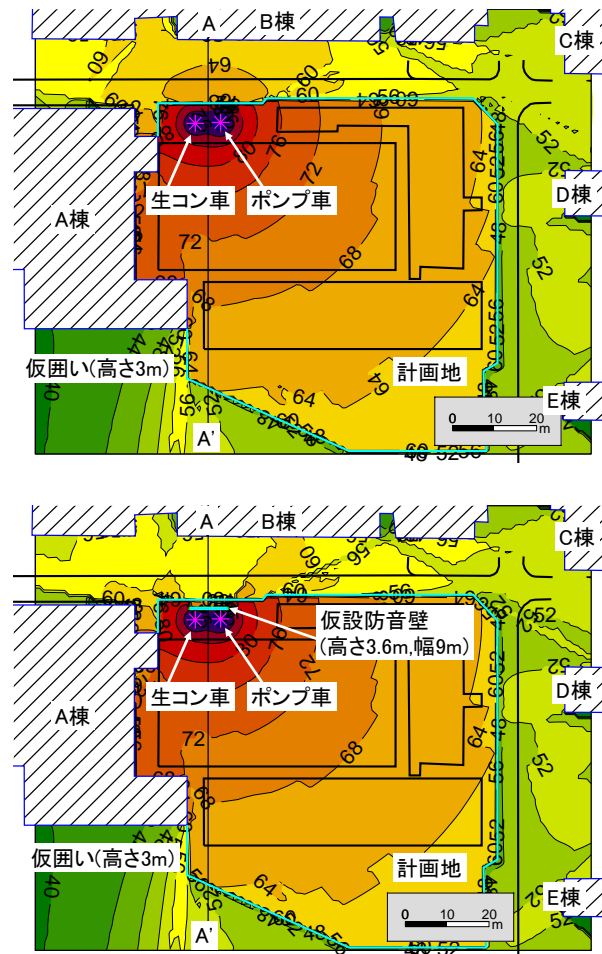


図6 地上1.5mの平面分布(上:対策前, 下:対策後)

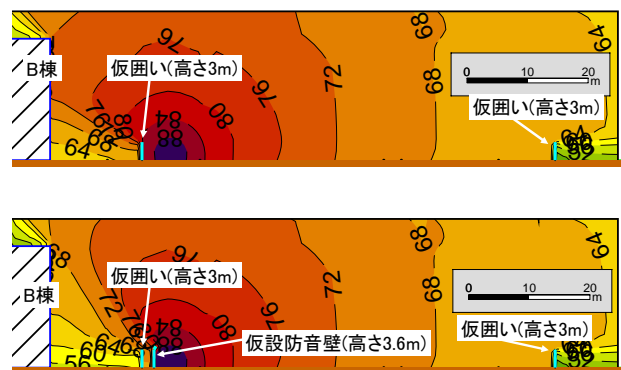


図7 A-A'断面分布(上:対策前, 下:対策後)

### 3. 工場騒音の予測事例

#### 3.1 生産機械の騒音予測

##### a. 概要

プレス工場新築計画に伴い、工場稼働後の道路境界線上における騒音レベルを予測し、地域条例の規制値を下回るように設計仕様の検討を行った。予測は、最も大きな騒音が発生する大型のプレス機2台が同時に稼働した場合を想定した。なお、原設計をA案、規制値をクリアするための仕様をB案とした。A案からB案への主な変更点は、ガラスの厚さ(6→10mm)とALCの厚さ(100→125mm)を増し遮音性能を高めたことと、内壁の1/3の面積にグラスウールを設置し室内吸音力を増したことである。

##### b. 解析モデル

図8に解析モデルを示す。計画建物と前面道路の境界線までの距離は約7mである。工場の外壁はALCで、ガラス窓がほぼ均等に配置されているため、ガラスとALCの面積比から総合透過損失を算出し、これを外壁の音響透過損失とした。

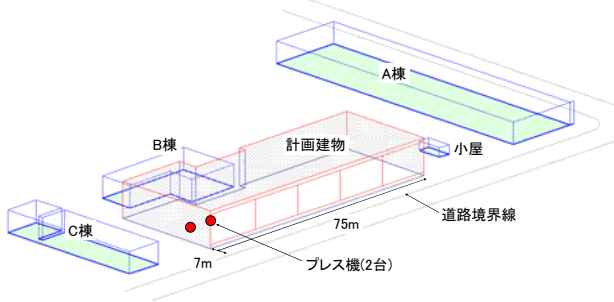


図8 解析モデル

##### c. 計算条件

表5 A案の計算条件

騒音データ	音源	機測 [m]	オクターブ帯域中心周波数[Hz]								Over All	dBA
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
プレス機1台	SPL	2	106	107	107	104	103	98	91	91	113	107
	PWL		120	121	121	118	117	112	105	105	127	121
音響透過損失データ	面積比	オクターブ帯域中心周波数[Hz]										
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
ガラスFL6mm		62	14	19	25	31	34	29	34	34		
ガラス網入6.8mm		65	16	21	25	32	35	29	37	37		
ALC100mm		574	21	26	31	31	34	38	39	39		
総合透過損失		702	19	24	29	31	34	34	38	38		
屋根ダブル折板			11	16	21	26	31	37	42	42		
吸音率データ	面積比	オクターブ帯域中心周波数[Hz]										
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
床(con),壁(ALC),天井(折板)			0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04		

表6 B案の計算条件(変更点のみ記載)

音響透過損失データ	面積比	オクターブ帯域中心周波数[Hz]								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ガラスFL10mm		62	19	24	28	34	33	35	43	43
ガラス網入10mm		65	19	24	28	34	33	35	43	43
ALC125mm		574	23	28	31	34	44	51	56	56
総合透過損失		702	22	27	30	34	39	42	50	50
吸音率データ	面積比	オクターブ帯域中心周波数[Hz]								
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ALC		2	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	
グラスウール		1	0.1	0.1	0.3	0.6	0.7	0.8	0.85	0.85
平均吸音率			0.04	0.04	0.11	0.21	0.25	0.29	0.31	0.31

##### d. 騒音レベル分布予測結果

図9に地上1.5mの平面分布(上:A案, 下:B案), 図10に工場内FL+1.5mの平面分布(上:A案, 下:B案)を示す。図9より、A案では、道路境界線上の騒音レベルは68dBとなり、地域条例の規制値65dBを3dB上回るものと予測できる。規制値をクリアするためB案として、開口部のガラス厚と外壁のALC厚を増し総合透過損失を増加させ、さらに内壁ALC面にグラスウールを設置し室内吸音力を増加させる仕様の変更を行った。その結果、図9のB案より、道路境界線上の騒音レベルは規制値65dBを下回ることが確認できる。

工場内の騒音レベルについては、図10より、室内の壁全体がALC面であるA案に対し、壁面積の1/3にグラスウールを設置したB案では、室内吸音力が増加し、室内騒音レベルは全体的に1dB~2dB程度低減されると予測できる。

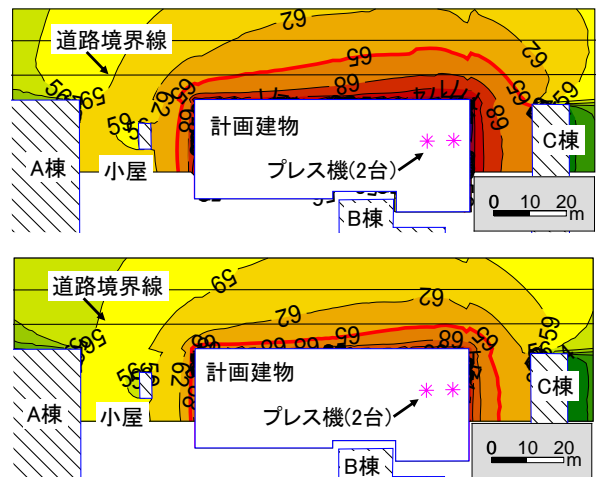


図9 地上1.5mの平面分布(上:A案, 下:B案)

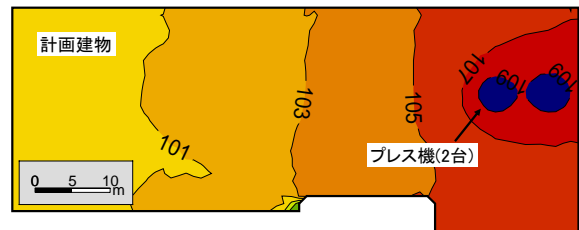
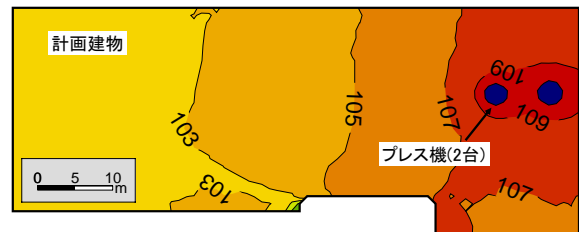


図10 工場内FL+1.5mの平面分布(上:A案, 下:B案)

### 3.2 設備機器の騒音予測

#### a. 概要

生産機械の移設に伴う改修工事において、工場の外周と屋上に新たに設備機器が設置されるため、既存の設備機器も含め、これらから発生する騒音に対する敷地境界線での騒音レベルを予測した。また、敷地境界線での騒音レベルが規制値を下回るように、防音壁の設置位置、高さおよび仕様を検討した。

#### b. 解析モデル

図 11 に解析モデルを示す。A 棟・B 棟の外周には、空調室外機、有圧扇、ブロワーなど、騒音源として 35 箇所を設定した。A 棟の屋上には、空調機、有圧扇、冷却塔、温水機、ポンプなど、騒音源として 26 箇所を設定した。また、建屋内から外部への騒音放射についても、室内吸音力、開口部や遮音ガラの音響透過損失を考慮して設定した。

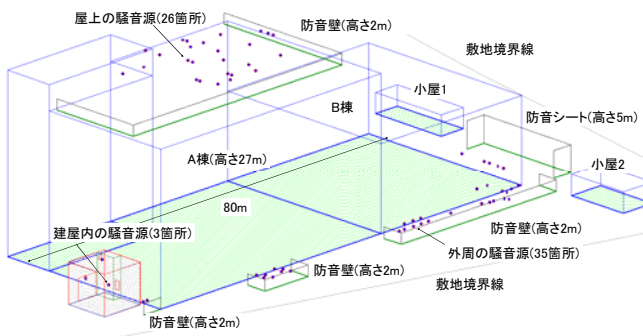


図 11 解析モデル

#### c. 計算条件

表 7 に主な設備機器の騒音データを示す。これらは騒音レベルが他の騒音源と比較し大きかったものである。音源の高さは、地上(屋上 FL+)0.5m~1m、有圧扇は外壁部の同 2m に設定した。表 8 に防音壁の音響データを示す。

表 7 主な設備機器の騒音データ

音源	機測 [m]	オクターブ帯域中心周波数[Hz]								Over All	dBA	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
ブロワー	SPL	1	70	86	77	81	82	78	77	66	89	86
	PWL		78	94	85	89	90	86	85	74	97	94
温水機	SPL	1	84	84	80	82	72	68	57	55	89	81
	PWL		92	92	88	90	80	76	65	63	97	89
ポンプ	SPL	1	53	55	62	63	67	65	59	50	71	71
	PWL		61	63	70	71	75	73	67	58	79	79

OverAll: 63Hz~8000Hzのバンド毎の音圧レベルの総和。  
 dBA: 騒音レベル。63Hz~8000Hzのバンド毎に重み付け(A特性)をした音圧レベルの総和。  
 SPL: 音圧レベル  
 PWL: パワーレベル。算出式  $PWL=SPL+20\log(X)+8$  [dB] X: 機測 [m]

表 8 防音壁の音響データ

	安全率	オクターブ帯域中心周波数[Hz]							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
透過損失		11	16	24	34	44	51	55	55
	0.9	10	14	22	31	40	46	50	50
吸音率		0.2	0.2	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8

#### d. 騒音レベル分布予測結果

図 12 に地上 1.5m の平面分布(左:対策前, 右:対策後), 図 13 に A-A'断面分布(上:対策前, 下:対策後)を示す。図 12 より、人の耳の高さを想定した地上 1.5m での敷地境界線上の騒音レベルは、対策前では 51dB であるが、防音壁を設置した対策後では 41dB まで改善され規制値 45dB を下回ると予測できる。一方、敷地境界線の上空においては、図 13 に示すとおり、対策後も屋上の騒音源からの影響で 55dB を超えると予測できる。当該敷地の周辺環境は農地であったため、更なる対策は見送ったが、高層建物等への影響が懸念される場合は、必要に応じ対策を講ずるべきであると考えます。

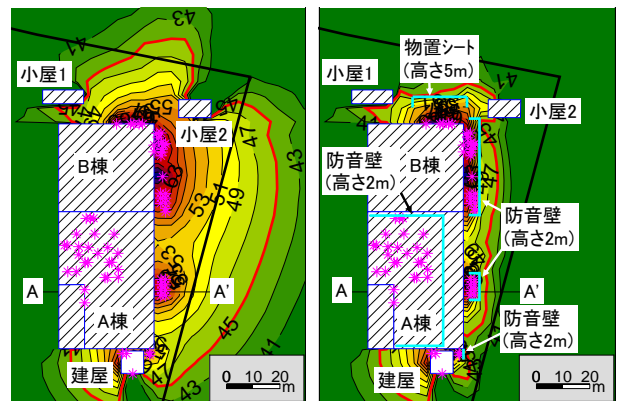


図 12 地上 1.5m の平面分布(左:対策前, 右:対策後)

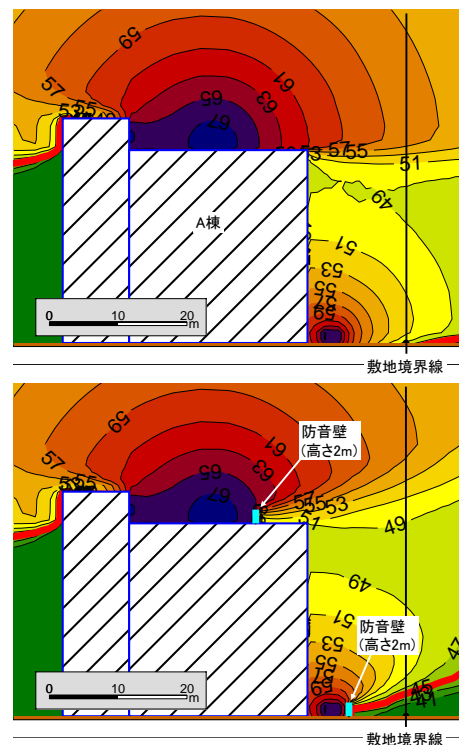


図 13 A-A' 断面分布(上:対策前, 下:対策後)

### 3.3 発電機の騒音予測

#### a. 概要

東京電力の計画停電への対応として、発電機を導入する計画があり、発電機の騒音が敷地境界線で規制値を下回るように防音対策を検討した。防音対策は、発電機を高さ3mの防音壁で囲うものとし、対策前後の敷地境界線での騒音レベルを予測した。

#### b. 解析モデル

図14に解析モデルを示す。敷地には高低差があり、敷地境界線は山の頂上付近にある。また、山は森になっていることから、森による減衰を0.05dB/mと想定した。

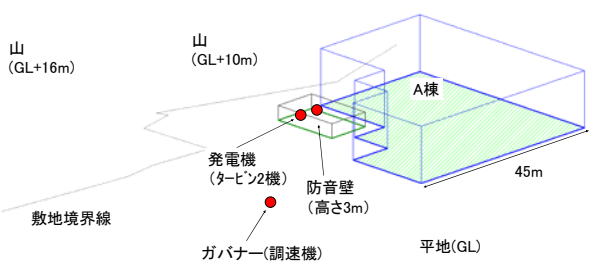


図14 解析モデル

#### c. 計算条件

表9に発電機の騒音データを示す。音源の高さは、ガスタービン1.2m、ガバナー1mとした。表10に防音壁の音響データを示す。

表9 発電機の騒音データ

音源	機測 [m]	オクターブ帯域中心周波数[Hz]								Over All	dBA	
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
ガスタービン	SPL	1.5	78	72	73	74	65	62	58	62	81	74
	PWL		90	83	85	86	77	74	69	73	93	85
ガバナー	SPL	1.5	46	56	59	63	67	75	75	75	80	80
	PWL		57	67	70	74	78	86	86	86	91	92

Over All: 63Hz~8000Hzのバンド毎の音圧レベルの総和。  
 dBA: 騒音レベル。63Hz~8000Hzのバンド毎に重み付け(A特性)をした音圧レベルの総和。  
 SPL: 音圧レベル  
 PWL: パワーレベル。算出式  $PWL=SPL+20\log(X)+8$  [dB] X: 機測 [m]

表10 防音壁の音響データ

	安全率	オクターブ帯域中心周波数[Hz]						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
透過損失		21	26	32	34	35	41	44
吸音率	0.9	19	23	29	31	32	37	40
	0.2	0.2	0.6	1.0	0.9	0.9	0.8	

#### d. 騒音レベル分布予測結果

図15に地上1.5mの平面分布(上:対策前, 下:対策後)、図16にA-A'断面分布(上:対策前, 下:対策後)を示す。図15より、対策前では、敷地境界線上の騒音レベルは56dBとなり、地域条例の規制値50dBを6dB上回るが、対策後では、49dB程度となり規制値を下回ると予測できる。なお、発電機から離れた位置に島のように騒音レベルが大きくなっているのは、音源と受音点の位置関係によるもので、図16の対策

後の図からわかるように、タービンから放射された騒音が防音壁の上を越えて山の傾斜部に到達しているためであると考えられる。

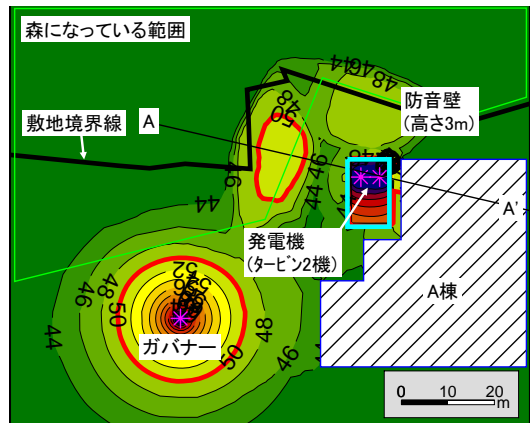
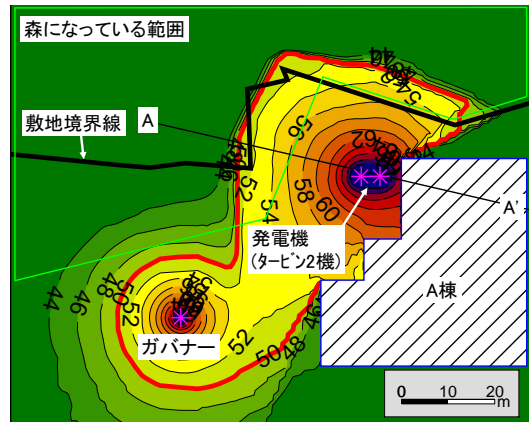


図15 地上1.5mの平面分布(上:対策前, 下:対策後)

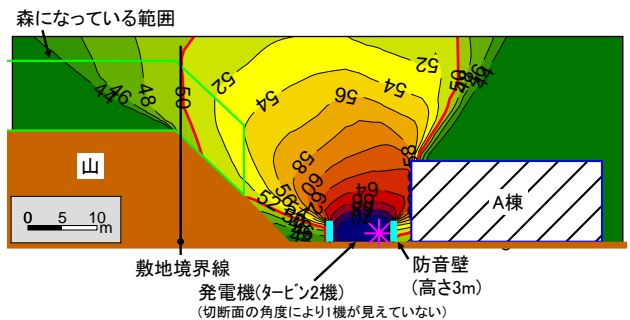
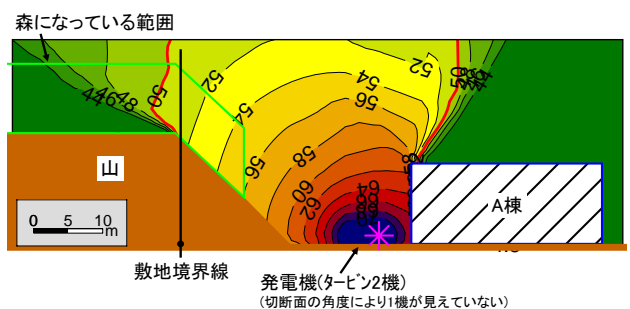


図16 A-A'断面分布(上:対策前, 下:対策後)

#### 4. まとめ

工事騒音や工場騒音に対する周辺環境への配慮が強く求められるようになり、計画段階で騒音の検討を行う事例が増えてきている。音響シミュレーションソフトを用いた騒音の予測は、建材の仕様や防音対策を自由に検討でき、結果についても視覚的に分かりやすい提案が可能であることから、今後も需要が増えてくると考えられる。本報告では、音響シミュレーションソフトを用いた5つの事例を紹介した。

工事騒音の予測については、はつり作業時の騒音と生コン打設時の騒音を取り上げ、防音シートによる対策前後の騒音レベル分布図を比較した。その結果、周辺建物に対する影響は、はつり作業時の事例では3dB、生コン打設時の事例では6dB～5dBの改善効果が得られると予測した。

工場騒音の予測については、生産機械、設備機器、発電機からの騒音を取り上げ、敷地境界線上で規制値をクリアできるように防音対策を検討した。なお、騒音レベルの規制値は騒音規制法による時間や区域の区分、地域条例により異なり、ここでの規制値は、それぞれ、65dB、45dB、50dBに設定した。

生産機械からの騒音は、工場建物内からの騒音であるため、室内吸音力の増加、外壁及び開口部の遮音性能の強化により外部への影響を低減でき、対策後の敷地境界線上の地上1.5mでは、3dBの改善効果が得られると予測した。

設備機器は外壁周辺や屋上に複数台設置されるため、防音壁による対策が有効であると考えられる。本事例では、防音壁の設置により敷地境界線上の地上1.5mでは、10dBの改善効果が得られると予測した。なお、敷地境界線の上空においても、高層建物への影響が懸念される場合は、相応の対策を講ずる必要があると考えられる。

発電機の騒音は、ガスタービンの稼働音が主であり、発電機装置の周囲4面を防音壁で囲うことにより、敷地境界線上の地上1.5mでは、7dBの改善効果が得られると予測した。本事例では敷地に高低差があり、敷地境界線の位置が音源より高い位置であるため、音が防音壁の上を越えて到達する影響から、音源から離れた場所で騒音レベルが大きくなる現象が見られた。

以上、騒音の予測結果について報告した。現在、順次実測調査を実施しており、ほぼ予測どおりの結果が得られていることを確認しているが、発電機装置の一部から比較的大きな騒音が発生しているなど、

計画段階で想定できていなかった状況も確認している。今後は予測結果について詳細な検証を行い、予測精度を高めていきたいと考えている。

