事例論文(Case Study Research Article)

モータ騒音影響を考慮した鉄道車両の環境影響評価

高橋 玲子^{1,*}・野田 英樹¹・長谷部 寿郎¹

Environmental Impact Assessment of Railway Rolling Stock Considering Motor Noise Effect

Reiko TAKAHASHI^{1,*}, Hideki NODA¹ and Toshio HASEBE¹

Synopsis:

Objective. In order to evaluate the damage to inhabitants along the line resulting from conventional railway noise, it is necessary to evaluate influence by the noise quantitatively to consider the pattern of the noise in addition to the noise level. In this paper, damage by the railway motor noise is quantified taking driving pattern into consideration as well as noise level based on traffic noise evaluation method of LIME2.

Results and Discussion. As a result of comparison of damage caused from noise by railway carriages equipped PMSM and IM through the life cycle, it is confirmed that 3dBA of equivalent continuous A-weighted sound pressure level based on actual measurement is corresponded to 56% reduction of health damage. In addition, as a result of integrated evaluation of plural environmental effects, the influence of damage by noise is 91% and 94% of total in the case of PMSM installed carriage and IM, respectively.

Conclusions. In this paper, an evaluation model to quantify damage by railway noise is developed by reflecting the driving pattern of carriages based on LIME2. Using this model it is proved that the influence caused from noise is relatively high, therefore it is meaningful to involve the effect of noise to the total environmental analysis. In addition, in order to reduce the environmental impact, for the large influence in the operational stage, it is effective to control fuel consumption and the discharge of the environmentally load material in the operation stage.

Keywords: Health damage; life cycle assessment (LCA); life-cycle impact assessment method based on endpoint modeling 2 (LIME2); permanent magnet synchronous motor (PMSM); railway motor noise

1. はじめに

在来鉄道車両の走行に伴い発生する鉄道騒音（在来鉄道騒音）については、生活環境の保全の観点から目標となる騒音レベルが定められている（環境庁（当時）1995）。この指針には、騒音問題の発生を未然に防止する上での時間帯別の等価騒音レベルの規定がある。しかし、騒音が沿線住民に与えるダメージを詳細に評価するためには、騒音レベルに加え、騒音の発生パターンなどを考慮することによって、騒音により被る心身への影響を定量的に評価する必要がある。

車両由来の騒音が沿線住民に与える健康影響の評価手法には、日本版被害算定型影響評価手法LIME2（Life-cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling

2）（伊坪、稲葉 2010）において、自動車騒音評価に関する評価手法が開発されているが、鉄道を発生源とする騒音の評価方法、ならびにその騒音をその他の環境影響と統合することにより、統合化結果に占める騒音の割合を把握する方法はない。そこで、本研究においては、鉄道の走行条件を反映した騒音レベル増加量から沿線住民への健康被害量を算出することで、鉄道騒音による健康被害を定量化し、複数の環境負荷との統合を行った。

在来鉄道騒音の主な発生源には、レールや車輪に由来する転動騒音および構造物騒音や、鉄道車両に由来するモータ騒音などがある。本研究においては、このうちモータ騒音に注目し、永久磁石同期モータ（PMSM: Permanent Magnet Synchronous Motor）を搭載した鉄道車両と誘導

1 株式会社 東芝／〒183-8511 東京都府中市東芝町1番地

1 Toshiba Corporation / 1 Toshiba-Cho, Fuchu-Shi, Tokyo 183-8511

* 連絡先 (Corresponding author), reiko4.takahashi@toshiba.co.jp

モータ（IM: Induction Motor）を搭載した鉄道車両のライフサイクルを通じた環境影響の低減効果を鉄道騒音影響評価手法に基づき把握する。具体的には、従来型のIM車両と騒音低減設計のPMSM車両のそれぞれ一編成分の騒音による鉄道走行が全くない場合に対する追加的被害を定量化し、LIME2に基づき算出されたその他の環境影響と統合する。以上から、従来型のIM搭載車両が騒音低減設計のPMSM搭載車両に置き換わった場合、すなわちPMSM導入による一編成分の環境負荷低減効果を考察する。本定量化手法の考え方は、LIME2の現状の自動車交通量に対して追加的に交通量が増加した場合の追加的な騒音による被害量を算出するマージナル型の方法とは異なる。また、LIME2の自動車騒音の評価方法とは異なり、騒音レベル増加量が軌道中心からの距離により変化するが、本研究では距離によらず一律と仮定した点で、平均的な被害量を求めるアベレージ型の手法ではない。

2. 評価方法と条件

2.1 評価対象とシステム境界

日本国内で製造、運用される地下鉄一編成（6車両から構成）において、PMSM搭載車両（PMSM車両）およびIM搭載車両（IM車両）を対象とする（ともに一編成で12モータを搭載）。車両条件は、実際に運行されている搭載車両に合わせた条件とする。両者の一編成の製品情報を表1に示す。本評価の対象としたPMSMは既設のIMと同じ外形寸法および出力となっている。PMSMは全閉構造

のためIMと比べて低騒音性に優れている。また、IMで必要な励磁電流が不要なため、回転子バーや短絡環における二次銅損が発生しないことから運用時の効率が高まり、IMに比べ発熱量が少ないことから冷却に要するエネルギーロスが削減され省電力化を可能とする。

システム境界は、素材・製造から運用までとする。運用時は騒音評価を含む（図1）。廃棄後の過程は調査対象から除外した。また、部品製造や組立、燃料製造に関わる工場・機械の建設・維持・廃棄段階も評価に含めていない。

2.2 評価条件と算定方法

2.2.1 評価条件

機能単位（f.u.）は、鉄道車両一編成（PMSM車両およびIM車両から構成）のライフサイクル全体とする。走行沿線距離は27.4km、生涯走行距離を189万kmとする。走行時間は5時台から24時台までのため、LIME2の条件にあわせて、昼間16時間（6時台から21時台）、夜間4時間（5時台と、22時台から24時台）とする。運用期間は20年とする。

2.2.2 インベントリ分析

(1) フォアグラウンドデータ

素材は調査データに基づき設定した。製造段階の投入量は小関（1997）を参考に、重量比較を行うことにより算出した。運用段階の投入量は一定期間の実測データ（川合ら2009）に基づき算出した。評価に用いた各段階の数値を表2に示す。

表1 評価対象の製品情報

	PMSM 車両	IM 車両
外寸（mm） ^{注）}	18,000（L）× 2,780（W）× 3,495（H）	
重量（ton）	172	158
車両条件	チョップバ車相当	VVVFインバータ車相当
搭載モータ（数）	PMSM（永久磁石同期モータ）（12）	IM（誘導モータ）（12）

注）外寸のみ一車両のデータ（他は一編成のデータ）。

図1 本研究におけるライフサイクル評価範囲

表2 材料、製造、運用段階の評価条件

段階	分類名	材料名	PMSM車両	IM車両	単位
			使用量	使用量	
材料	台車（車輪、車軸、主電動機、ギア）	鉄	75,688	69,426	kg
	台枠、構体	アルミニウム	43,330	39,824	kg
	電線（被覆込み重量）	銅電線	3,557	3,265	kg
	ガラス類	ガラス	116	106	m ²
	その他車両装置類（鉄）	鉄	21,490	19,760	kg
	その他車両装置類（銅）	銅	11,197	10,295	kg
	その他車両装置類（電子部品）	電子部品	7,821	7,192	kg
	その他車両装置類（電線）	電線・ケーブル	3,391	3,119	kg
	その他車両装置類（アルミ）	アルミ圧延製品	2,188	2,012	kg
製造	加工・組立	重油	880	808	L
	加工・組立	灯油	880	808	L
	加工・組立	電力	65105	59790	kWh
運用	走行用	電力	15,326,377	19,058,117	kWh
	空調用	電力	3,257,419	3,257,419	kWh

表3 本研究に用いたインベントリ

カテゴリ	インベントリ
地球温暖化ガス	CO ₂ 、CH ₄ 、HFC、HFC23、PFC、SF ₆
その他の大気排出	SO _x 、NO _x (点源、線源)、ばいじん（点源、線源）
水域排出	COD、T-N、T-P、BOD、SS
エネルギー消費	原油原料、原油燃料、石炭、天然ガス
資源消費	鉄、銅、鉛、亜鉛、アルミニウム、マンガン、クロム、ニッケル、碎石、砂利、石灰石、木材
騒音	騒音

騒音の発生量は、騒音レベルを測定することにより求めた。騒音レベルは騒音計測器を用い、騒音実測方法基準 JIS E 4025 (2009) に沿って測定した。騒音発生源とみなした走行レール中心から騒音計測器までの距離は7.5m、レール面から騒音計測器までの高さは1.2mである。PMSM車両およびIM車両の走行音をそれぞれ6回および16回測定するとともに、暗騒音値を測定した。通過時間は、JIS E 4025 3.15(通過時間)の記載に則して、列車長(108m)と列車速度(測定地点の推定速度である50km/時)から8秒とし、測定時間は、JIS E 4025 3.15A(測定時間)の記載に則して、暗騒音レベルの50dBより10dB高い60dBとなる範囲となる16秒とした。なお、PMSM車両とIM車両の測定回数が異なる理由は、測定当時のPMSM車両の運行頻度がIM車両の10分の1程度であったため、PMSM車両については最大限計測が可能な6回分の計測を行ったことによる。

騒音測定場所は東京都内の住宅地域（住居用途地域：第一種または二種住居地域）に位置し、昼間と夜間の騒音に影響を与えるような交通機関、建物、設備等は存在しなかったため、測定は昼間のみ実施し、夜間の騒音値および

暗騒音値は昼間の値と同等とした。

(2) バックグラウンドデータ

各段階の原単位はLCAソフトウェア「Easy-LCA」搭載の2000年産業連関法に基づく海外負荷を含むデータベース（2000年産業連関データベース）を利用した。

(3) インベントリ分析対象

表3にカテゴリ別に対象としたインベントリを示す。

2.2.3 インパクト評価

インパクト評価は日本版被害算定型影響評価手法 LIME2 (伊坪、稲葉 2010) を利用し、特性化、被害評価、統合化のステップを経た評価を実施した。評価対象としたインベントリ別の保護対象別換算値と単一指標統合値を表4に示す。本評価においては、LIME2に従い、人間健康、社会資産、生物多様性、一次生産の4つの保護対象別の統合値である円を単位とする単一指標の値を社会コストとして用いることとする。騒音評価では、会話妨害（昼間）と睡眠妨害（夜間）による健康影響を考慮した。騒音被害係数の算出方法については後述する。

表4 評価対象としたインベントリ別の保護対象別換算値と単一指標統合値

		保護対象別				単一指標統合値			
		人間健康	社会資産	一次生産	生物多様性	人間健康	社会資産	一次生産	生物多様性
インベントリ	単位	DALY/単位	円/単位	kg/単位	EINES/単位	円/単位	円/単位	円/単位	円/単位
CO ₂	kg	1.62E-07	6.19E-01	0.00E+00	0.00E+00	2.38E+00	6.19E-01	0.00E+00	0.00E+00
SO _x	kg	1.50E-04	7.36E+01	2.99E-01	0.00E+00	2.20E+03	7.36E+01	1.38E+01	0.00E+00
NO _x	kg	1.21E-05	6.94E+01	2.30E-01	0.00E+00	1.77E+02	6.94E+01	1.06E+01	0.00E+00
ばいじん	kg	1.01E-04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.48E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
HFC	kg	2.13E-04	1.02E+03	0.00E+00	0.00E+00	3.12E+03	1.02E+03	0.00E+00	0.00E+00
HFC23	kg	1.97E-03	9.36E+03	0.00E+00	0.00E+00	2.89E+04	9.36E+03	0.00E+00	0.00E+00
PFC	kg	9.38E-04	4.46E+03	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+04	4.46E+03	0.00E+00	0.00E+00
SF6	kg	3.65E-03	1.74E+04	0.00E+00	0.00E+00	5.35E+04	1.74E+04	0.00E+00	0.00E+00
COD	kg	0.00E+00	6.40E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.40E-01	0.00E+00	0.00E+00
T-N	kg	0.00E+00	8.25E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	8.25E+01	0.00E+00	0.00E+00
T-P	kg	0.00E+00	9.74E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.74E+02	0.00E+00	0.00E+00
原油燃料	kg	0.00E+00	2.96E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.96E+00	0.00E+00	0.00E+00
石炭	kg	0.00E+00	1.20E-01	2.17E-02	1.13E-14	0.00E+00	1.20E-01	1.00E+00	1.60E-01
天然ガス	kg	0.00E+00	1.38E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+00	0.00E+00	0.00E+00
原油原料	kg	0.00E+00	2.96E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.96E+00	0.00E+00	0.00E+00
鉄	kg	0.00E+00	1.49E-01	2.79E-03	1.91E-15	0.00E+00	1.49E-01	1.29E-01	2.71E-02
銅	kg	0.00E+00	9.96E+01	4.30E-01	5.67E-13	0.00E+00	9.96E+01	1.99E+01	8.03E+00
アルミ	kg	0.00E+00	3.70E-01	2.78E-02	1.55E-14	0.00E+00	3.70E-01	1.28E+00	2.20E-01
鉛	kg	0.00E+00	6.21E+01	6.33E-02	3.51E-14	0.00E+00	6.21E+01	2.92E+00	4.97E-01
亜鉛	kg	0.00E+00	4.57E+01	4.44E-02	2.92E-14	0.00E+00	4.57E+01	2.05E+00	4.14E-01
マンガン	kg	0.00E+00	3.99E-01	1.26E-02	8.94E-15	0.00E+00	3.99E-01	5.82E-01	1.27E-01
ニッケル	kg	0.00E+00	3.62E+02	2.14E-01	1.27E-13	0.00E+00	3.62E+02	9.88E+00	1.80E+00
クロム	kg	0.00E+00	2.27E-07	1.50E-02	1.26E-14	0.00E+00	2.27E-07	6.93E-01	1.79E-01
砂利	kg	0.00E+00	0.00E+00	1.98E-03	1.35E-15	0.00E+00	0.00E+00	9.14E-02	1.91E-02
碎石	kg	0.00E+00	0.00E+00	1.98E-03	1.35E-15	0.00E+00	0.00E+00	9.14E-02	1.91E-02
石灰石	kg	0.00E+00	0.00E+00	1.98E-03	1.35E-15	0.00E+00	0.00E+00	9.14E-02	1.91E-02
木材	kg	0.00E+00	0.00E+00	2.03E+00	4.77E-11	0.00E+00	0.00E+00	9.38E+01	6.76E+02
騒音 (昼IM)	編成年	1.55E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.28E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
騒音 (夜IM)	編成年	3.28E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.81E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
騒音 (昼PMSM)	編成年	8.60E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
騒音 (夜PMSM)	編成年	1.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.60E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

注) 各換算値と統合値は中央値を用いた。

2.2.4 騒音被害係数の算定方法

LIME2の自動車騒音評価の例を参考に、一編成の車両がライフサイクルの走行によりもたらす沿線住民の健康被害量を算定した。

(1) 騒音レベル増加量の算出

騒音レベルの測定結果から、式 (1) Aに基づき測定時間範囲の等価騒音レベルを算出した。次に、等価騒音の算出式を規定するJIS Z 8731(1999)に基づき、車両の走行により沿線住民が受けるPMSM車両、IM車両それぞれの通過時の等価騒音レベル (L_{Aeq}) (dBA) を式 (1) で算出した。

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{Ai}/10} \right] \quad (1)$$

ここで、N：PMSM車両、IM車両それぞれの測定回数
 L_{Ai} は、サンプル*i*の測定時間範囲における等価騒音レベルを示し、式 (1)Aで示される。

$$L_{Ai} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{M} \sum_{k=1}^M 10^{L_k/10} \right] \quad (1)A$$

ここで、 L_k ：測定間隔 (0.00625秒) ごとの騒音レベル (dBA)

M： L_k の測定間隔における測定回数

式 (1) において算出した騒音レベルは、年間の通過回数分だけ、1回の通過ごとに16秒間発生する断続的な値であるが、LIME2の評価条件に合わせて、沿線住民がこの断続的な16秒間の発生騒音レベルに年間の通過回数分だけ年間にわたり平均的に一定量暴露されたものと仮定する。この場合、PMSM車両、IM車両それぞれの昼間および夜間の騒音発生時の平均等価騒音レベル (L_{day} , L_{night}) は、式 (2) Aおよび式 (2) Bで算出される。なお、一日あたりの昼間・夜間の走行回数は、実際の平日および休日の運行ダイヤに基づき、昼間と夜間の走行回数をそれぞれ設定した。

$$L_{day} = 10 \log_{10} \frac{10^{L_{Aeq/10}} \times T \times Y_{day} \times 365 + 10^{L_{cont/10}} \times (3600 \times 16 - T \times Y_{day}) \times 365}{3600 \times 16 \times 365}$$

$$= 10 \log_{10} \frac{10^{L_{Aeq/10}} \times T \times Y_{day} + 10^{L_{cont/10}} \times (3600 \times 16 - T \times Y_{day})}{3600 \times 16} \quad (2) A$$

$$L_{night} = 10 \log_{10} \frac{10^{L_{Aeq/10}} \times T \times Y_{night} \times 365 + 10^{L_{cont/10}} \times (3600 \times 8 - T \times Y_{night}) \times 365}{3600 \times 8 \times 365}$$

$$= 10 \log_{10} \frac{10^{L_{Aeq/10}} \times T \times Y_{night} + 10^{L_{cont/10}} \times (3600 \times 8 - T \times Y_{night})}{3600 \times 8} \quad (2) B$$

ここで、 L_{Aeq} ：車両通過時の等価騒音レベル（昼間・夜間共通）

L_{cont} ：暗騒音レベル（昼間・夜間共通）

Y_{day} ：昼間の一編成の車両の走行回数

Y_{night} ：夜間の一編成の車両の走行回数

T ：測定時間

よって、PMSM車両、IM車両それぞれの昼間および夜間の騒音レベル増加量 (ΔL_{day} , ΔL_{night}) は、式 (3) Aおよび式 (3) Bで算出される。

$$\Delta L = L_{day} - L_{cont} \quad (3) A$$

$$\Delta L = L_{night} - L_{cont} \quad (3) B$$

なお、騒音による被害量は、本来であれば、騒音発生地点から個別の住民への距離別の影響を考慮するべきであるが、本評価においては、沿線の両側50m範囲内に居住する沿線住民が、騒音発生地点から7.5m離れた地点の騒音レベルにより健康被害が均しく発生するものと仮定した。

(2) 沿線住民の健康被害量の算出

保護対象別換算値と単一指標統合値は、LIME2において定められている騒音レベル増加に対する影響ケース数の増加率 (0.64% dB (昼間)、0.79% dB (夜間)) と1年間の障害重み付け値 (0.028 (昼間)、0.045 (夜間)) に基づき設定した。なお、本評価に用いた保護対象別換算値と単一指標統合値を表3に示す。

(3) 総走行による総健康被害量の算出

LIME2では、沿道住戸数を4,673,000戸（道路端からの距離50m以内）、世帯人員数を2.85人とし、沿道住戸数と

世帯人員数を乗じることにより暴露人口 (4673,000 × 2.85 = 13.3百万人) を求めている。ここでの騒音の影響を受ける範囲については、環境省中央環境審議会 (1998) に、沿道50m以内（両側）が55dBを超える騒音影響を受ける道路の総延長距離が47,000km（両側）との記載がある。以上の条件に基づき、本評価においては、騒音の影響を受ける住民数を283人/km (673000 × 2.85 ÷ 47000 = 283) と算出している。

(4) 騒音被害係数の算出

LIME2の騒音被害係数の算出方法に従い、騒音被害係数Xは式 (5) で算出される。

$$X = \Delta L \cdot P \cdot \Delta D \cdot R \cdot DW \quad (4)$$

ここで、 P ：沿線住民数、 $\Delta D \cdot R$ ：騒音レベル増加に対する影響ケース数の増加率、 DW ：1年間の障害重み付け値

3. 結果と考察

3.1 地球温暖化影響

ステージ別の地球温暖化影響の比較を行った結果を図2に示す。PMSM車両、IM車両ともに走行・空調による影響が全体の9割程度を占めているが、PMSM車両では走行時の地球温暖化影響がIM車両の80%に低減されている。このことから、PMSMの省電力化による地球温暖化影響の減少への寄与が確認できる。

3.2 騒音影響

騒音測定の結果、平均等価騒音レベル (L_{Aeq}) は、PMSM車両 (6回計測、標準偏差1.39) で72.03dBA、IM車両 (16回計測、標準偏差1.84) で74.85dBA、暗騒音レベルは50.00dBAであった。測定結果を表5に示す。この結果から、騒音レベル増加量 (ΔL) は、PMSM車両で0.62 dBA (昼間) 0.06 dBA (夜間)、IM車両で1.12dBA (昼間) 0.12 dBA (夜間) となった。

この値に時間帯別の沿線住民の健康被害量と総走行時間を考慮した、一編成の車両が生涯にわたりもたらす騒音影響値を図3に示す。PMSM車両では、騒音による影響が騒音影響値 (DALY) で56%に低減することが確認された。なお、昼間の走行距離が夜間に比べて長いため、昼間の騒音影響が全体の70%を占めていることがわかる。

今回の評価においては、以下について今後検討する必要がある。すなわち、自動車騒音評価の考え方をを用いることにより、騒音の暴露人口（高速道路を除く沿道人口）を設定し、被害値を算出したが、評価対象の鉄道は一部地上化部分での騒音の実測を行ったが実際には路線の多くが地下であること、走行地域における昼間と夜間での沿線人口の変化の可能性があることなどを考慮する必要がある。

図2 ステージ別のCO₂排出量の比較

表5 各測定時間における騒音レベル値

(単位: dBA)

IM 車両		PMSM 車両
77.90	74.37	73.30
74.03	74.79	71.19
74.00	72.18	70.16
71.87	74.60	74.06
78.56	75.96	71.10
74.18	75.22	71.00
72.06	74.67	
74.03	72.36

図3 騒音評価結果の比較

3.3 被害評価結果

図4に、PMSM車両およびIM車両の4つの保護対象に対する被害評価結果（物質別内訳）を示す。保護対象別では、人間健康においてIM車両に対しPMSM車両の影響が58%に、社会資産と一次生産においてはIM車両に対しPMSM車両の影響が89%に、生物多様性においては93%になっている。人間健康では、騒音に次いでCO₂、SO_xなど発電に関連する物質の影響が大きく、PMSMの省電力化と騒音低減影響が影響低減に寄与していることがわかる。また、人間健康以外のいずれの保護対象でも、社会資産のCO₂やSO_x、一次生産や生物多様性の石炭のように、発電に関連する物質の影響が大きく、PMSMの省電力化が各保護対象の影響低減に寄与していることがわかる。

3.4 統合化結果

図5にPMSM車両およびIM車両の物質別の統合化結果の内訳を示す。PMSM車両では環境影響がIM車両の56%

に低減されている。騒音の統合結果への影響は、PMSM車両では91%、IM車両では94%となる。ライフサイクル全体の環境影響としては、PMSM車両とIM車両に共通して騒音、CO₂、SO_xによる影響割合が大きいが、いずれもPMSM車両では影響が低減していることがわかる。

図6にステージ別の統合結果の内訳を示す。ステージ別では地球温暖化影響の結果の傾向と同様に、運用段階の影響が全体に占める割合は、PMSM車両で97%、IM車両で99%と、共に大部分を占めている。PMSM車両では運用時の環境影響がIM車両の57%に低減されており、PMSM導入による騒音低減や省電力の影響が確認できる。

図7には保護対象別の統合結果の内訳を示す。保護対象別に見ると、人間健康の騒音、CO₂、SO_x、社会資産のCO₂の影響が顕著である。これらの影響がPMSM車両では低減していることにより、PMSM導入による騒音低減と省電力化の影響が確認できる。

図4-1 被害評価の結果（保護対象別－人間健康）

図4-2 被害評価の結果（保護対象別－社会資産）

図4-3 被害評価の結果（保護対象別－一次生産）

図4-4 被害評価の結果（保護対象別－生物多様性）

図4 被害評価の結果(保護対象別)

図5 統合化の結果(物質別)

図6 統合化の結果(ステージ別)

図7 統合化の結果(保護対象別)

4. おわりに

本研究では、LIME2の一部である自動車騒音評価手法に、鉄道の走行による騒音レベル増加や、走行条件を考慮した沿線住民への健康被害量を反映することで、鉄道騒音による健康被害を定量化する鉄道騒音影響評価手法を開発した。

評価を通して得られた結論は以下の3点である。第1に、IM車両とPMSM車両の走行時騒音を走行条件に基づく騒音の発生頻度のパターン条件を考慮した本手法に基づく、実測において等価騒音レベルで3dBAの差分は、両側50m範囲内の沿線住民に健康被害が均しく発生するとした条件

において、健康被害値の4割低減に相当すると算出される。第2に、騒音の統合結果への影響は、PMSM車両では91%、IM車両では94%となることを確認した。このことから、一般的な環境影響評価指標に加え、騒音の低減の影響も評価することが望ましいことがわかった。第3に、運用段階における影響が大きな割合を占めていることから、PMSM車両およびIM車両の環境影響削減のためには、走行段階での省電力化により燃料消費および環境負荷物質の排出を抑制することが効果的であることを確認した。

今後の課題として、以下4点があげられる。第1に、距

離帯により変化する騒音レベル増加量を単一の測定値により暴露地域全体の騒音レベル増加量とみなした点の改良や、路線人口の詳細推定や夜間データの取得により精度の向上をはかる必要のあること、第2に、現状に対する騒音レベルの変化を評価するためのマージナル型の評価手法を検討すること、第3に、自動車騒音評価の考え方をを用いて鉄道車両の騒音評価を行ったため、自動車と鉄道車両の騒音影響（量－反応関係）の違いによって評価結果が大きく左右される可能性があり、評価結果の妥当性を検討する必要があること、第4に、在来鉄道騒音は、転動や構造物に由来した騒音もあるため、これらの影響についても追加的に考慮していく必要がある。

謝辞

本研究の内容は、2011年度にLCA日本フォーラムのLIME2活用検討ワーキングパート3において検討した結果である。本研究をまとめるにあたり、貴重な助言をいただいた東京都市大学教授伊坪徳宏氏に謝意を表します。

（平成25年4月22日受付、平成26年6月23日採択）

参考文献

- 伊坪徳宏, 稲葉敦 (2010): LIME2-意思決定を支援する環境影響評価手法, 社団法人 産業環境管理協会, 東京, 520-549
- JIS Z 8731:1999, 騒音レベル測定方法, kikakurui.comホームページ, 入手先 <<http://kikakurui.com/z8/Z8731-1999-01.html>>, (参照 2014-6-20)
- JIS E 4025:2009, 鉄道車両の車外騒音の試験方法, kikakurui.comホームページ, 入手先<<http://kikakurui.com/e/E4025-2009-01.html>>, (参照 2014-6-20)
- 環境庁 大気保全局 自動車環境対策第一課, 在来鉄道の新設又は大規模改良に際しての騒音対策の指針について, 環境省ホームページ, 入手先 <<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=07000013>>, (参照 2014-6-20)
- 環境省 中央環境審議会, 騒音の評価手法等の在り方について (答申) 表・参考資料, 環境省ホームページ, 入手先 <<http://www.env.go.jp/council/former/tousin/069805-2.html>>, (参照 2014-6-20)
- 川合弘敏, 春原輝彦, 生方伸幸, 深澤真吾 (2009): 東芝レビュー, 64(9), 6-9
- 小関康雄 (1997): 車両技術, 213, 117-126