

鑑定 回報書

의뢰 관서	춘천지방법원 강릉지원 제2민사부
사건 번호	2023가합 30051
감정 사항	특정 음향정보 분석 및 대조



6198



韓國法音響研究所
KOREA INSTITUTE OF FORENSIC ACOUSTICS



제 1 감정사항

추천지법 강릉지원 제2민사부 사건 2023가합 30051의 원고들(최애숙외 2명)이 제출한 감정신청서 상 하기 감정사항(추가 감정사항 포함)에 대하여 그 감정결과를 회보함.

- 가. 블랙박스에 녹음된 엔진음에 대하여 음향분석을 실시하여, 이 사건 자동차에서 발생한 엔진음의 변화가 어떠한지와 그 음향학적 특성이 티볼리에어 차량의 제로백 가속시 발생하는 엔진음의 음향학적 특성과 상이한지.
- 나. 블랙박스에 녹음된 소리 중에 원고 최애숙이 웅하는 엔진 굉음이 나기 시작한 후 기아 모닝 차량을 충돌하기 전에 변속레버를 D에서 N으로 움직이는 소리와 기아 모닝 차량을 충돌하고 난 직후에 변속레버를 N에서 D로 움직이는 소리가 들리는지.
- 다. 이 사건 자동차가 기아 모닝 차량을 충돌하기 전 울린 전방충돌 경고음은 기아 모닝 차량을 충돌하기 전 얼마 전에 울리기 시작했는지와 언제까지 울렸는지, 특히 기아 모닝 차량을 충격할 때 까지 계속 울렸는지.
- 라. 블랙박스에 녹음된 소리 중, 원고 최애숙이 어느 시점에 무슨 말을 했는지와 그 이외의 소리는 어떤 것이 녹음되어 있는지.
- 마. 원고들이 제공하는 2018년식 티볼리에어 차량에서 시속 30~40km/h로 주행 중 변속레버를 D에서 N으로 움직일 때 나는 소리와 N에서 D로 움직일 때 나는 소리를 채취하여, 그 음향학적 특성이 어떠한지
<추가 감정사항>

제 2 감정목적물



가. 대상 파일

no	File name	size	구분
1	갑6-1호증.mp4	17.0 MB	제1감정목적물
2	갑6-2호증.mp4	50.0 MB	제2감정목적물
3	갑21호증.mp4	7.30 MB	비교대상물

[이하, "제1 내지 제2감정목적물, 비교대상물", 총칭 시 "감정목적물"로 구분하여 칭함]

나. 감정대상부

상기 대상 파일(총3점)의 해당 녹취구간을 감정대상부로 삼음.

다. 기타 정보 및 자료

감정목적물 및 비교대상물 외, 별도 제공 자료는 없으며, 추가 감정건 ('마' 항)에 관한 녹취 자료(음향데이터)는 해당 감정소견 기재부에 적시함.

제 3 감정방법

- 가. 녹취파일의 오디오 정보 및 메타데이터 정보 관찰.
- 나. 스펙트럼 및 스펙트로그램, 에너지 등을 관찰하여 특정 음향신호의 특성을 분석·대조.
- 다. 불필요 잡음 및 소음을 제어하고, 해당 주파수 분포특성 및 음향 파라메타를 비교·분석.
- 라. 대상 표본을 재생하면서 실시간 주파수 진행 추이를 분석·감시함과 동시에 청각적 집중관찰을 통해 감정개소의 음향신호를 비교.
- 마. 녹취조건 및 녹취 후 제반 가공에 따른 변수 고찰·조사·연구
- 바. 발화 언어 산출정보 관찰 및 음성신호 분석.
- 사. 일부 감정기법(SOP)은 업무특성상 노출을 제한하여 보안함.

제 4 감정 경과

감정목적물이 온전한 컴퓨터 파일이라는 전제하에 해당 동영상 파일을 분석용 컴퓨터에 복제·변환하여 녹음상태를 보전하고, 감정 대상 자료 및 기타 녹취 자료들이 각기 보유한 음향적 고유 음향정보 및 발현특성을 관찰·분석함.

가. 파일정보 분석

각 감정목적물이 보유한 파일정보 속성 및 해시값은 하기와 같음.

구 분	제1감정목적물	
File name	갑6-1호증.mp4	
File size	17.0 MiB	-
Format	MPEG-4	JVT
Audio Format	PCM	mono
Audio Length	00:19.9200	-
Audio rate.depth	48,000Hz · 768 kb/s	16 bit
Encoded date	2022-12-06 15:04:35 UTC	
Tagged date	2022-12-06 15:04:35 UTC	
Algorithm	hash value	
MD5	27DC939C3AC4D0C4E392F8EF341B918E	
SHA1	2D249E298F0863592518740665D93FA3F02A9AB0	

구 분	제2감정목적물	
File name	갑6-2호증.mp4	
File size	50.0 MiB	-
Format	MPEG-4	JVT
Audio Format	PCM	mono
Audio Length	00:06.9120	-
Audio rate.depth	48,000Hz · 768 kb/s	16 bit
Encoded date	2022-12-06 15:04:46 UTC	
Tagged date	2022-12-06 15:04:46 UTC	
Algorithm	hash value	
MD5	6A31F8D34C00696A243F16C47017E763	
SHA1	6E10AC4650A6F8F6BE515DCDD81FB1DDE1420C23	

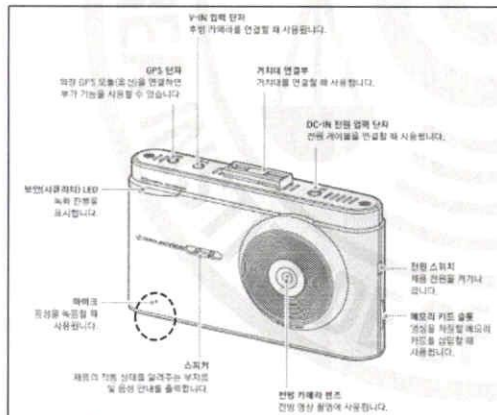
구 분	비교대상물	
File name	갑21호증.mp4	
File size	7.30 MiB	-
Format	MPEG-4	isom/mp42
Audio Format	AAC LC	Stereo
Audio Length	00:52.6628	-
Audio rate.depth	44.1 kHz · 126 kb/s	16 bit
Encoded date	2016-08-19 20:06:05 UTC	
Tagged date	2016-08-19 20:06:05 UTC	
Algorithm	hash value	
MD5	267AFCD0CF208A11DEF0DBDD2A2EEDA44	

나. 감정 목적물 관련

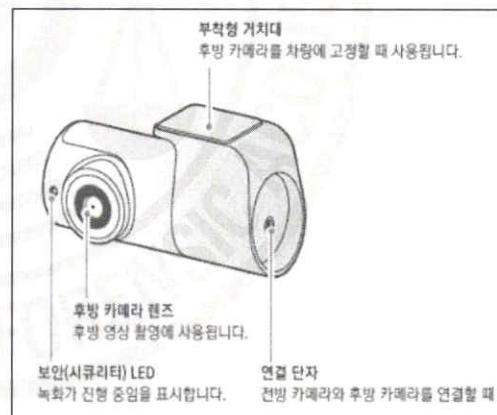
1) 장착 블랙박스 정보

당시 사고차량에 장착되어 되어 있던 블랙박스에 대하여 별도 제공된 정보가 없기에 자체 조사한 바, 해당 블랙박스(H/W · S/W)의 특성 및 사양은 다음과 같음.

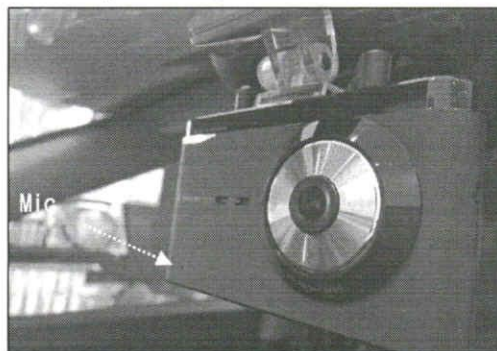
제조사	팅크웨어㈜	대한민국
모델명	아이나비 V900	MSIP-REM-TWI-IBFH-TNL16J1
사이즈	106 x 63 x 27.1mm / 96.3g	후방캠: 25Ø x 27 x 61mm / 26.3g
저장매체	microSD 메모리 카드	16/32/64GB
녹화방식	상시녹화	1분 단위 녹화(2ch)
	이벤트 녹화	이벤트 전/후 각 10초 녹화
	주차녹화(주차 모드)	충격.모션감지/타임랩스
비디오	HD (1280 x 720/H.264/MP4)	HD (1280 x 720/H.264/확장자 MP4)
녹화 프레임	max : 30 frame	전/후방 동일
오디오	PCM	Pulse code modulation
가속도 센서	3축 가속도 센서(3D, ±3G)	감도: 5단계
입력 전원	DC 12/24V 지원	후방 카메라: DC 5V
소비 전류	2CH: 3.3W / 1CH: 2.6W	슈퍼캡 완충 / LCD OFF
경고음	스피커 내장	음성(부저음) 안내
펌웨어 버전	V1.00.00	최초버전



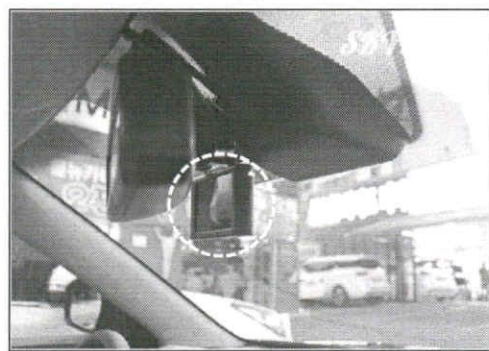
[V900 전방캠-구조 및 mic위치]



[V900 후방캠-구조]



[티볼리_V900 전방설치-mic위치]

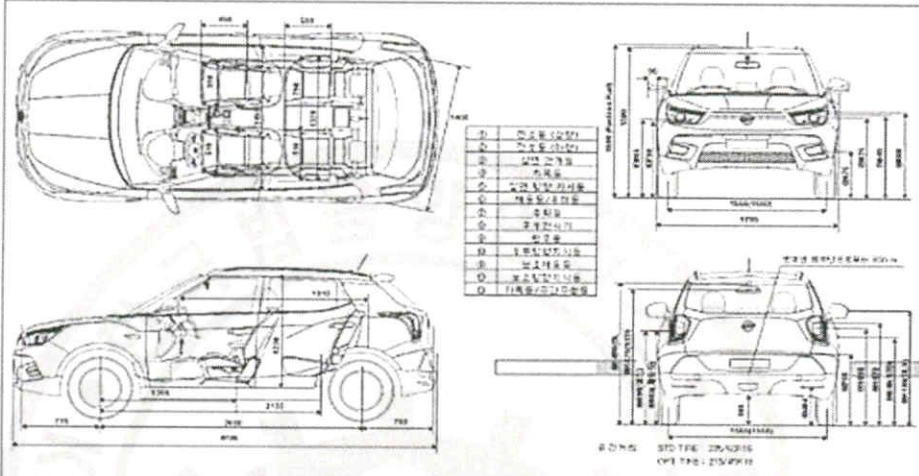


[티볼리_V900-통상 전방 설치위치]

2) 녹취 경로 및 특성

감정 특성상 발생 음향의 경로 및 음장(音場) 요소를 다음과 같이 조사·분석하여 그 제반 조건을 참고함.

[사고 차량은 '2018년식 쌍용 티볼리 에어 4WD 1.6LX'로 특정되어 있는 바, 해당 그림 및 제원은 제작사 홈페이지의 해당 자료를 참고하였으며, 그 외 그림은 이해를 돕기 위하여 관련자료를 일부 응용함]

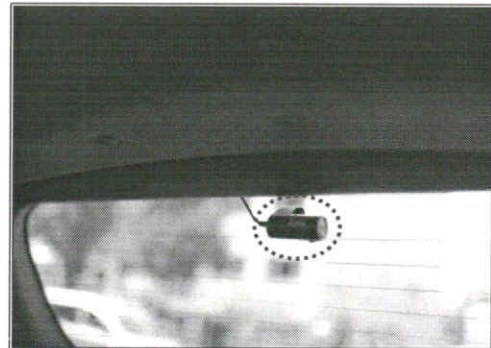


구분	티볼리(G 1.6)	티볼리 에어(G 1.6)	티볼리(D 1.6)	티볼리 에어(D 1.6)
전장 (mm)	4,205	4,440	4,205	4,440
너비 (mm)	1,795	1,795	1,795	1,795
높이 (mm)	1,600	1,635	1,600	1,635
	(1,590 : 두프랙 미포함)	(1,605 : 두프랙 미포함)	(1,590 : 두프랙 미포함)	(1,605 : 두프랙 미포함)
일반사항				
차량 중량 (kg)	AT 1,735 (1,790)	1,780 (1,835)	1,820 (1,875)	1,860 (1,915)
	MT 1,595 (1,600)	1,650 (1,655)	1,685 (1,690)	1,735 (1,740)
차량 중량 (kg)	AT 1,410 (1,465)	1,455 (1,510)	1,495 (1,550)	1,535 (1,590)
	MT 1,270 (1,275)	1,325 (1,330)	1,360 (1,365)	1,410 (1,415)
사용연료	휘발유	←	경유	←
연료탱크 용량 (ℓ)	47	←	←	←
엔진				
최대 출력	126 ps / 6,000 rpm	←	115 ps / 3,400~4,000 rpm	←
최대 토크	157 Nm / 4,600 rpm	←	300 Nm / 1,500~2,500 rpm	←
타이어 (규정 공기압)	16인치 205 / 60R16 (35 psi)	←	←	←
	17인치 205 / 55R17 (35 psi)	←	←	←
	18인치 215 / 45R18 (32 psi)	←	←	←
휠	16인치 6.0 J * 16 (PCD : ϕ 112)	←	←	←
	17인치 6.5 J * 17 (PCD : ϕ 112)	←	←	←
	18인치 6.5 J * 18 (PCD : ϕ 112)	←	←	←

[Tivoli Air-내외형 구조도 및 제원]

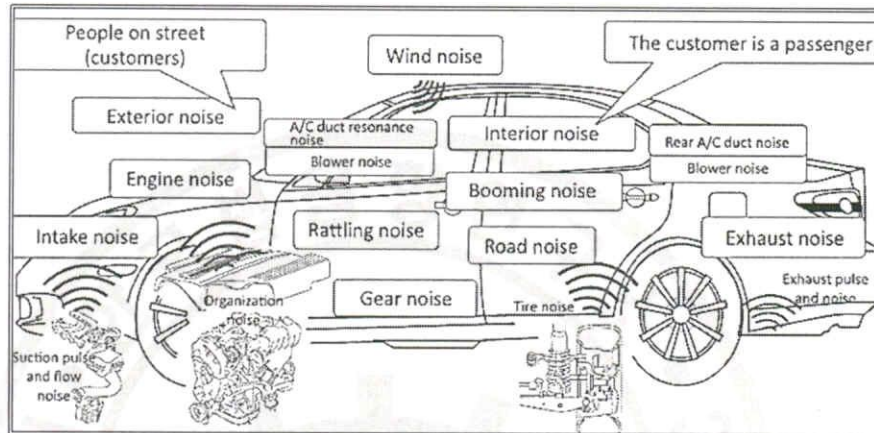


[티볼리_V900-통상 mic방향]



티볼리_V900 후방캠-설치위치]

(가) 해당 제원의 사고 차량에 장착되어 있던 당시 블랙박스(inavi-V900)의 설치위치 및 집음부 방향은 상기(사진)와 같이 추정되며, 감정목적물 상의 녹화영상은 후방캠에 의해 촬영되었으나, 실상 집음은 블랙박스의 전방캠 mic부에 의해 이루어져 저장장치(SD card)에 기록되었으며, 그 음향정보의 발현상태는 차내에서 발생된 음향(음성) 및 주행중 차량 외부로부터 유입된 다종 음향(하기 그림참조)이 혼재되어 불량함.

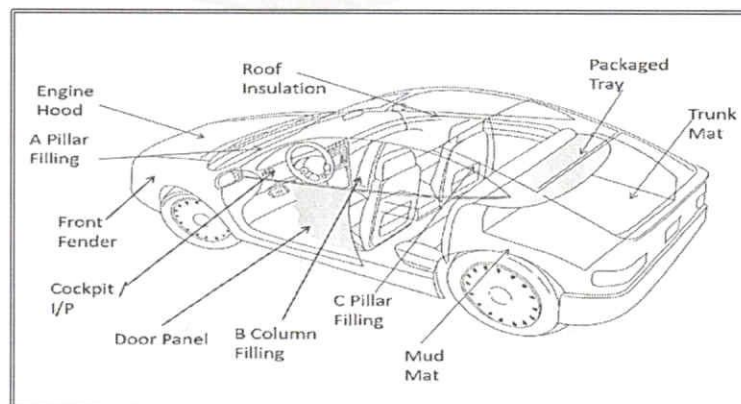


[차량 내부 발생 및 외부 유입 음향 개요도]

(나) 일부 음향부는 당시 음장(音場) 특성 및 긴급상황 특성상 음성:음향 혼재에 따른 마스킹 현상이 관찰됨.

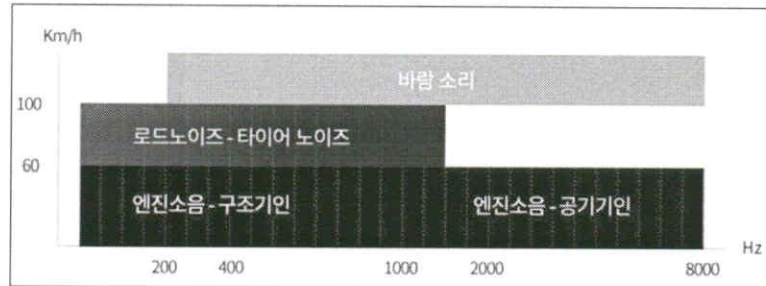
3) 음향 유입경로 관련

주행중 차량에서 발생하는 음향(진동)은 위해 차량에 설치된 각종 흡차음재를 통과하며 일부 감쇄되어 해당 블랙박스의 집음부에 도달하였을 것으로 추정됨. [NVH: noise, vibration, and harshness]



[NVH 발생원 흡차음재 설치부]

외부로부터 유입된 음향은 주행속도에 의한 풍절음, 도로 포장 상태 (재령), 차종 및 타이어 특성에 따른 노면소음 등으로 조사됨.



[내연차-소음원 기여도]

다. 비교대상물 관련

제공된 동영상 파일 “갑21호증.mp4” 을 감정사항 1)의 비교대상물로 삼으며, 세부관련 정보는 해당 소견부 상에서 다룸.

File name	size	구분
갑21호증.mp4	7.30 MB	비교대상물

라. 녹취상태에 따른 제반 조치

상기와 같은 당시 음장 및 상황적 특성으로 녹취상태가 불량하고, 일부 음향정보의 발현이 미흡하게 관찰되는 바, 발현상태에 따라 forensic계열의 Adaptive, Notch 등의 필터를 임시 적용하고, 음향 신호의 증폭을 일부 허용하며, 원본상태 보전에 충실함.

제 5 해당 소견

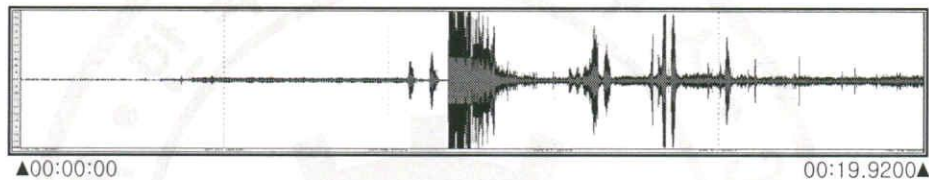
- 감정 및 소견 전개상 감정사항 순서를 임의 교체하여 개진함.
[순서: 1) -> 3) -> 4) -> 5) 추가감정 사항 -> 2)]
- 엔진구동음의 연속성 및 진행 추이의 효율적 관찰을 위하여,
필요 시 ‘제1감정목적물’ 과 ‘제2감정목적물’ 을 결합하여 분석·표기함.

가. 이 사건 자동차에서 발생한 엔진음의 변화가 어떠한지, 그 변화 특성이 티볼리에어 차량의 제로백 가속시 발생하는 엔진음의 음향학적 특성과 상이한지

1) 감정목적물 관련

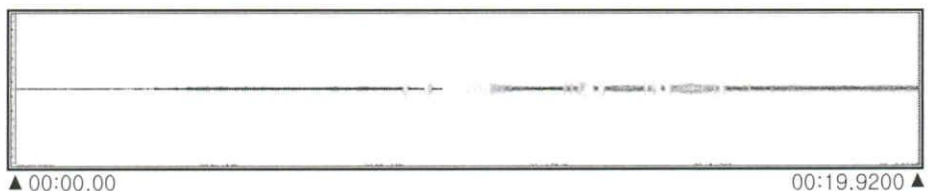
가) 녹취특성 분석

- (1) 감정목적물들의 엔진 구동음향부는 당시 음장(音場) 및 조건 특성상 운전자의 고성 및 비명(masker)이 엔진음(maskee)을 마스킹하는 현상이 일부 관찰됨.
- (2) 1차 사고 충격(對:모닝)시점 음향부는 과도한 입력음압에 의한 클리핑(clipping)현상이 관찰됨. [*clipping: 과도 신호입력]
- (3) 녹취부 파형 및 그 체계는 다음과 같음.



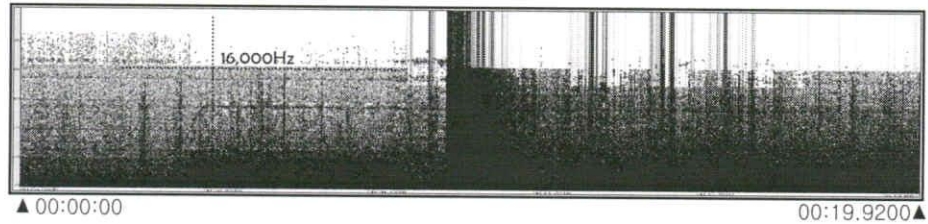
<fig1.제1감정목적물-waveform>

waveform statistics	
RMS	-18.1 dB
Rectified Avg	-33.7 dB
Max Pos Peak	0.0 dB
Max Neg Peak	0.0 dB
Crest Factor	8.02
Max LF Level [under10Hz]	-38.7 dB
Avg LF Level [under10Hz]	-77.6 dB
Zero Crossings	55071
freq estimate	1382.304Hz
Sample rate	48000Hz
Bit Depth	16 Bits

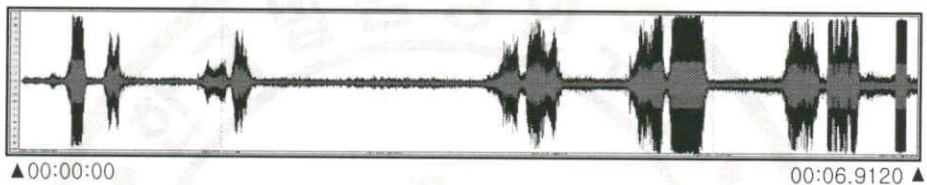


<fig2.제 1 감정목적물-histogram>

제1감정목적물은 약 16,000Hz대역까지의 기록 주파수정보를 보유하고 있으며, 음향정보의 발현상태는 간헐적으로 불량함.<참조.fig1~3>

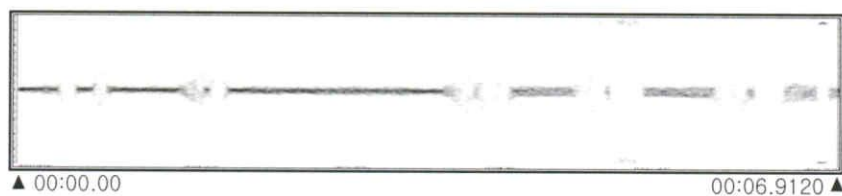


<fig3.제1감정목적물-spectrogram>



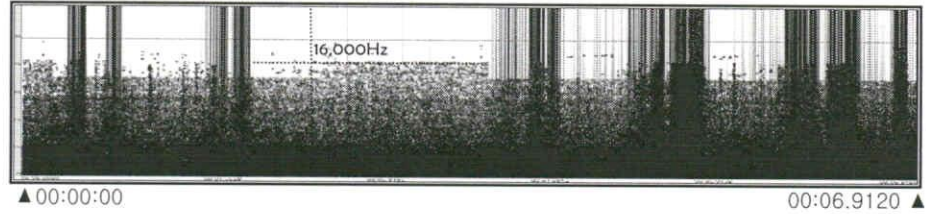
<fig4.제2감정목적물-waveform>

waveform statistics	
RMS	-12.8 dB
Rectified Avg	-24.8 dB
Max Pos Peak	0.0 dB
Max Neg Peak	0.0 dB
Crest Factor	4.38
Max LF Level [under10Hz]	-37.4 dB
Avg LF Level [under10Hz]	-69.0 dB
Zero Crossings	15158
freq estimate	1096.499Hz
Sample rate	48000Hz
Bit Depth	16 Bits



<fig5.제 2 감정목적물-histogram>

제2감정목적물 또한 약 16,000Hz대역까지의 기록 주파수정보를 보유하고 있으며, 음향정보의 발현상태는 일부 불량함.<참조.fig4~6>

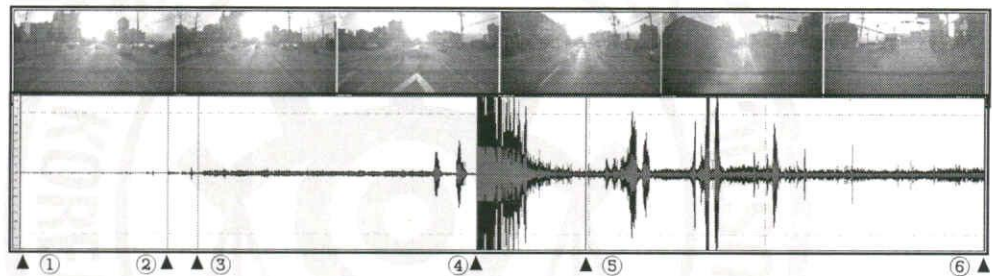


<fig6.제2감정목적물-전체_spectrogram>

(4) Power Spectrum 관찰상 특정 주파수대역의 통과 또는 차단을 위한 여타 Filter 적용은 공히 미관찰됨.

나) 각 감정목적물상에서 사고 경과 음향부는 다음과 같음.<참조.fig7.8>

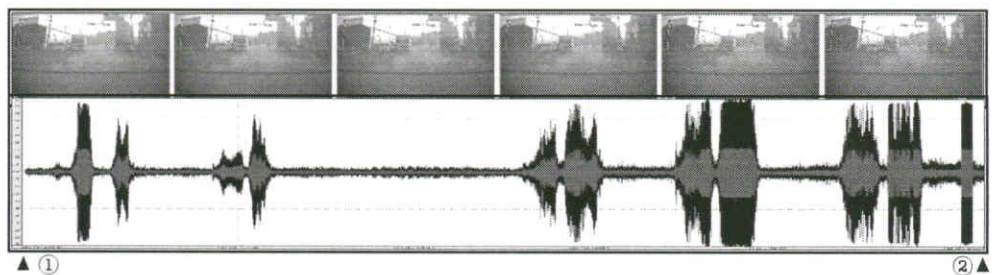
(1) 제1감정목적물



<fig7.제1감정목적물 상-경과 음향부 위치>

spot	상 태	From	To	duration
①	주 행	00:00.0000	00:03.0449	00:03.0449
②	내비 경고음	00:03.0449	00:03.6763	00:00.6314
③	굉음 발생	00:03.7890	00:09.4344	00:05.7264
④	모닝 추돌	00:09.4344	-	-
⑤	가속 주행	00:11.7031	00:19.9200	00:08.2168
⑥	녹화(녹음) 종료	00:19.9200	-	-

(2) 제2감정목적물



<fig8.제2감정목적물 상-경과 음향부 위치>

spot	상 태	From	To	duration
①	주 행	00:00.0000	00:06.9120	00:06.9120
②	녹화(녹음) 종료	00:06.9120	-	-

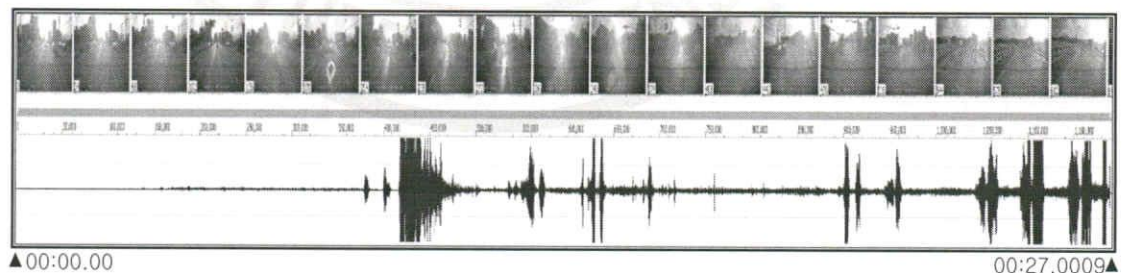
(3) 총합 녹취길이

각 감정목적물의 블랙박스 영상 상(하기 표 참조) 주행시간 경과는 제1감정목적물이 2022년 12월 6일 15:04:25 ~ 15:04:43(18초간), 제2감정목적물은 15:04.45 ~ 15:04:50(5초간) 녹화(녹음)된 것으로 표시되어 있으나, (총23초간.오차 범위:millisecond 미표시로 1초 미만)

구 분	Date	start	end	elapse
제1감정목적물	2022.12.06	15:04:25	15:04:42	18sec
영상 상 표시부	INAVI V900 v1.00.00 14.0 V 2022.12.06 15:04:25 INAVI V900 v1.00.00 13.7 V 2022.12.06 15:04:43			
제2감정목적물	2022.12.06	15:04:45	15:04:50	5sec
영상 상 표시부	INAVI V900 v1.00.00 13.7 V 2022.12.06 15:04:45 INAVI V900 v1.00.00 13.8 V 2022.12.06 15:04:50			

[사고차량 블랙박스 영상 상-시간경과 표시정보]

실제 녹취 기준상으로는 제1감정목적물이 00:19.9200간, 제2감정 목적물은 00:06.9120간 녹취되어 총합 녹취길이는 26.8320sec로 확인됨.(결합파일 길이: 컨버팅 마진포함 27.0009sec).<참조.fig9>



<fig9.감정목적물 결합본-scene & waveform>

2) 비교대상물 관련

가) 파일정보 분석(audio)

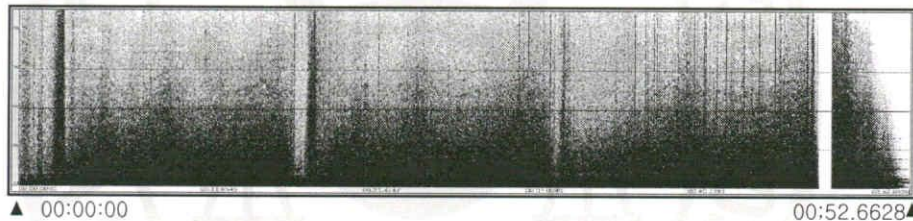
File name	갑21호증.mp4	
Encoded date	2016-08-19 20:06:05 UTC	
Tagged date	2019-05-22 20:16:28 UTC	
ID	2	mp4a-40-2
Stream size	809 KiB	11%
Frame rate	43.066 FPS	1024 SPF
Title	ISO Media file produced by Google Inc.	

나) 오디오 정보 분석

(1) 출처

Youtube 온라인 상(https://www.youtube.com/channel/UCFmiaWut3DfIenyZ_bpJB0A)
게시(揭示) 동영상을 mp4파일로 변환한 파일로 추정되며,
2개 채널(stereo)로 구성되어 있음.

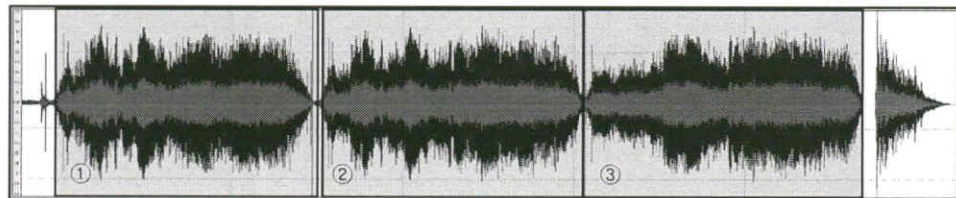
- (2) 약 15,700Hz대역까지의 기록 주파수정보를 보유하고 있으며,
입력음압은 정상하나, 음향정보(엔진 구동음향부)의 발현상태는
일부 미흡함.<참조.fig10>



<fig10.비교대상물-전체_spectrogram>

- (3) 가속 모드별 총 3종의 가속관련 영상이 순차 녹화(녹음)되어
있으며, Outro music(자막)으로 종료됨.

(가) 전체 녹취부에서 가속 음향 3종의 위치는 아래와 같음.<참조.fig11>

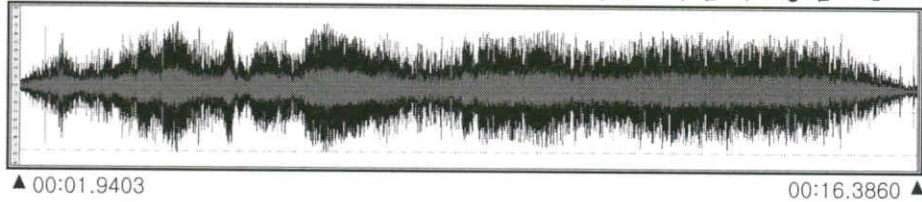


<fig11.비교대상물상 가속 음향부 3종 위치-waveform>

구분	Drive modes	acceleration	From	To	duration
1	D	Kick down	00:01.9403	00:16.3860	00:14.4457
2	Power	Kick down	00:17.0472	00:31.6271	00:14.5799
3	Winter	Kick down	00:31.7587	00:47.3505	00:15.5918

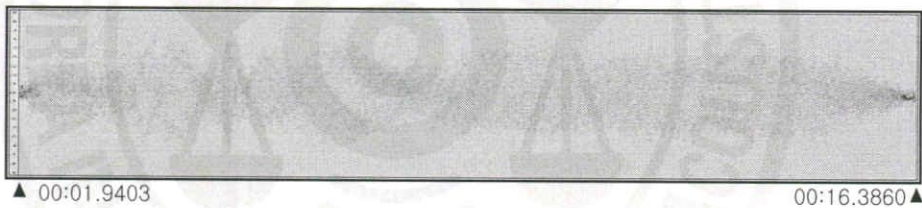
[이하, "제1 내지 제3 가속음향부"로 칭함]

(나) 각 가속 음향 3종의 파형 및 그 체계는 다음과 같음. <참조. fig12~17>

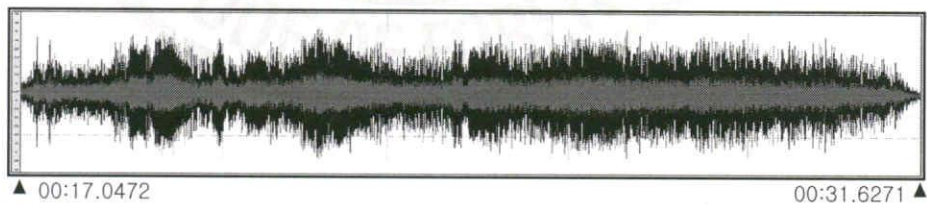


<fig12. 제1가속음향부-waveform>

1 st -waveform statistics	
Start Time	00:01.9403
Stop Time	00:16.3860
Duration	00:14.4457
freq estimate	280.602Hz
Rectified Avg	-20.6 dB
Zero Crossings	8107
Crest Factor	3.32
Max Pos Peak	-3.2 dB
Max Neg Peak	-2.3 dB
RMS	-12.7 dB
Max LF Level [under10Hz]	-51.8 dB
Avg LF Level [under10Hz]	-71.5 dB



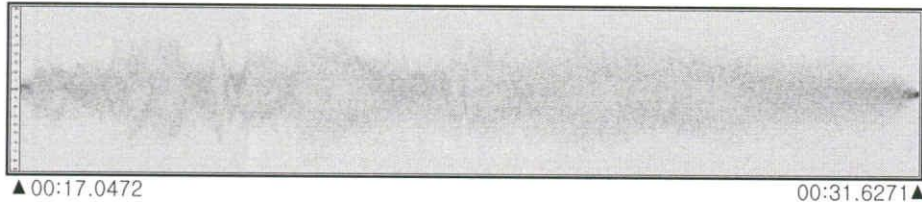
<fig13. 제1가속음향부-histogram>



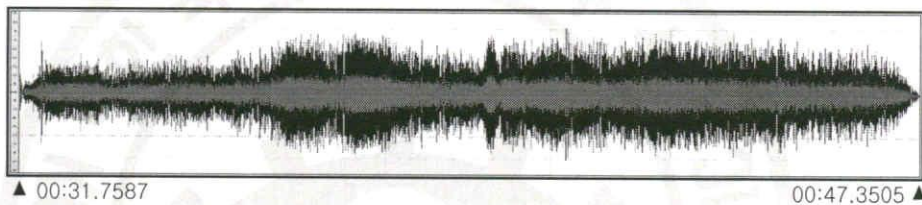
<fig14. 제2가속음향부-waveform>

2 nd -waveform statistics	
Start Time	00:17.0472
Stop Time	00:31.6271
Duration	00:14.5799
freq estimate	300.996Hz
Rectified Avg	-20.9 dB
Zero Crossings	8777

Crest Factor	3.43
Max Pos Peak	-2.6 dB
Max Neg Peak	-2.3 dB
RMS	-13.0 dB
Max LF Level [under10Hz]	-48.7 dB
Avg LF Level [under10Hz]	-71.6 dB

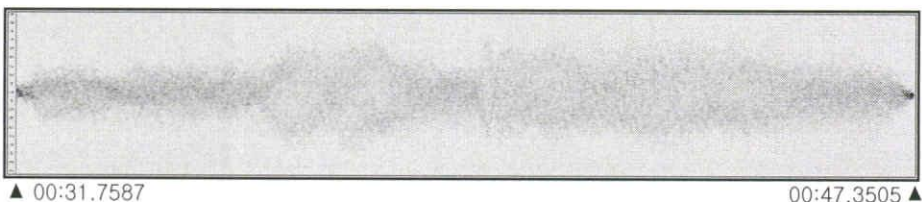


<fig15. 제2가속음향부-histogram>



<fig16. 제3가속음향부-waveform>

3 rd -waveform statistics	
Start Time	00:31.7587
Stop Time	00:47.3505
Duration	00:15.5918
freq estimate	288.580Hz
Rectified Avg	-21.3 dB
Zero Crossings	8999
Crest Factor	3.56
Max Pos Peak	-2.3 dB
Max Neg Peak	-2.8 dB
RMS	-13.3 dB
Max LF Level [under10Hz]	-51.3 dB
Avg LF Level [under10Hz]	-71.1 dB



<fig17. 제3가속음향부-histogram>

(다) 자료상 노출 및 제공된 녹음조건에 대한 정보는 아래와 같음.

차량 모델	쌍용자동차 티볼리		
엔진 옵션	1.6 가솔린		
녹음 옵션	미노출	집음 위치	불상
녹음 장비	미노출	후반 보정	불상
주행 환경	불상	음 원	엔진
발화 음성	없음	변환방식	불상

다) 제작경로 분석

(1) 후가공 여부

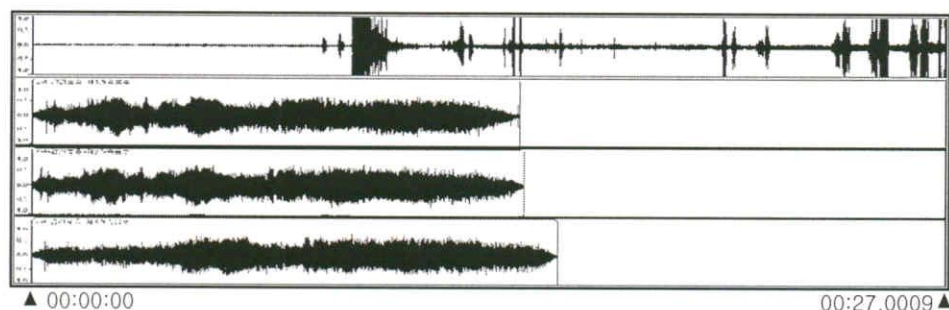
해당 영상은 콘텐츠성을 위하여 최초 촬영 후, 일련의 편집 과정을 거쳐 제작된 동영상으로 추정됨.

(2) 녹취 경로

해당 가속음향의 녹취 경로는 확인할 수 없는 바, 실제 도로주행 중 촬영된 영상일 경우, 당시 차량에서 발생하는 음향 및 외부로부터 유입된 혼재 음향이 엔진 구동음과 함께, 녹화(녹음) 기기의 Mic부를 통하여 집음·기록되었을 것으로 추정되며, 후가공 과정에서 오디오 신호 변형여부는 알 수 없음.

3) 감정 소견

상기 조건 및 특성을 보유한 감정목적물의 음향부에서 차량과의 충돌 전 굉음성 구동음이 발생되고, 가속에 의한 고주파수 대역 구동음과 함께, 차량 기본 엔진구동음의 음압 상승이 관찰되는 바, 엔진구동음향과 여타 발생 음향의 특성 및 진행추이를 비교·분석함.<참조.fig18>

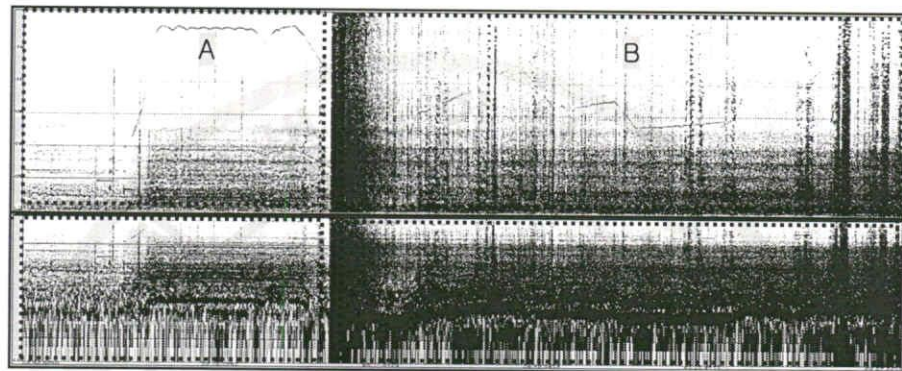


<fig18.Top.감정목적물 결함분/순차:제1.2.3가속음향부-waveform>

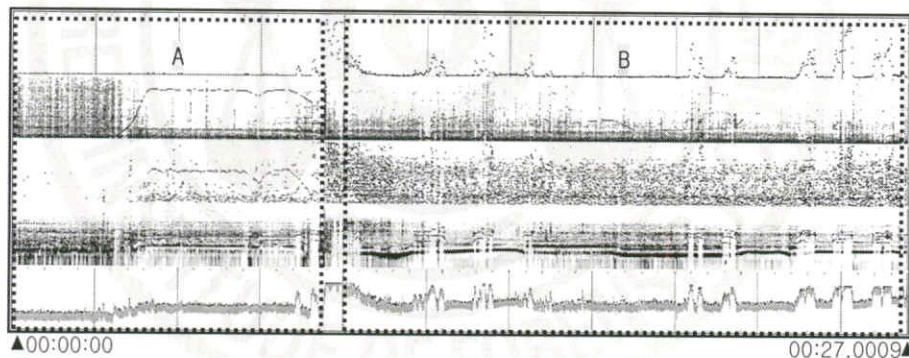
가) 감정목적물(결합본)

- 가속 관련 엔진구동음의 음향특성은 모닝 추돌부를 기준으로 전후부가 상이한 바, 시점구분 편의상 모닝 추돌구간부를 기준으로 이전 구간을 "A구간",으로, 이후 구간을 "B구간"으로 구분하여 소견 개진함.<참조.fig19,20>

구간명	From	To	duration	비 고
A	0:00:0000	00:09.4344	00:09.4344	-
*	00:09.4344			모닝추돌부
B	0:09.7234	00:27.0009	00:17.2775	-



<fig19.감정목적물 결합본-spectrogram>



<fig20.감정목적물-Comprehensive analysis of acoustic signals>

감정목적물 결합본의 복합음향 중, 기본 엔진구동음의 주파수 발현 정보와 이에 따른 분당 회전수(RPM)는 다음과 같음.<참조.fig21>



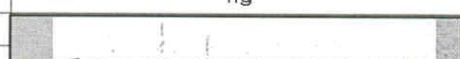


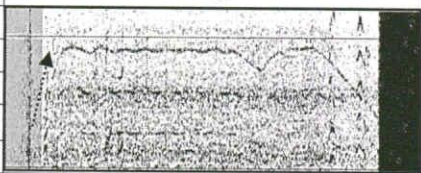
<fig21.감정목적물-기본 엔진구동음_spectrogram>

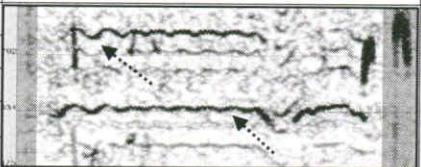
PT	time	frame	Freq	RPM	PT	time	frame	Freq	RPM
1	2.3510	103680	98	2940	29	12.7347	561600	127	3820
2	3.3741	148800	162	4860	30	13.3805	590080	137	4112
3	4.0127	176960	205	6150	31	14.0190	618240	150	4508
4	4.7601	209920	215	6450	32	14.6431	645760	164	4905
5	4.9560	218560	210	6300	33	15.1800	669440	169	5080
6	5.3914	237760	213	6390	34	15.5646	686400	119	3563
7	5.6889	250880	211	6330	35	15.7388	694080	124	3727
8	5.9138	260800	213	6390	36	16.4063	723520	122	3657
9	6.3855	281600	212	6360	37	16.5224	728640	127	3797
10	6.6757	294400	214	6420	38	16.5878	731520	118	3540
11	6.8862	303680	211	6330	39	18.0753	797120	129	3878
12	7.0313	310080	215	6450	40	18.5687	818880	101	3015
13	7.2490	319680	196	5880	41	19.9401	879360	102	3073
14	7.6989	339520	212	6375	42	20.0490	884160	106	3167
15	8.0907	356800	215	6445	43	20.1506	888640	102	3050
16	8.3737	369280	209	6282	44	21.6744	955840	109	3260
17	8.6494	381440	203	6083	45	21.8413	963200	116	3482
18	9.7234	428800	86	2584	46	22.1896	978560	157	4718
19	9.8104	432640	90	2700	47	22.7193	1001920	149	4462
20	9.8902	436160	88	2642	48	23.1401	1020480	157	4707
21	10.2603	452480	97	2899	49	23.4812	1035520	123	3703
22	10.5288	464320	98	2945	50	23.9528	1056320	134	4030
23	10.8336	477760	101	3038	51	24.3156	1072320	167	4998
24	11.1528	491840	81	2444	52	24.9469	1100160	164	4917
25	11.2980	498240	83	2490	53	25.2590	1113920	167	5010
26	11.6245	512640	77	2315	54	26.2748	1158720	172	5150
27	12.0816	532800	114	3423	55	26.4780	1167680	181	5442
28	12.4082	547200	119	3563	56	26.9787	1189760	173	5185

별도 주파수대역에서 관찰된 음향개소의 특성은 다음과 같음.

A-Spot 1		fig 
From	0:03.0495	
To	0:04.2392	
duration	01.1896	
issue		
01.1896sec간 3500hz -> 10906hz까지 주파수 급상승		

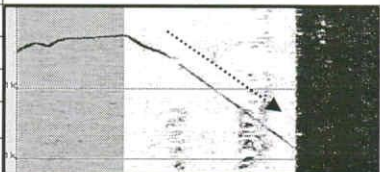
A-Spot 2		fig
From	0:04.2392	
To	0:08.3259	
duration	04.1168	
issue		
10900hz상 협대역(±150hz cycle) 신호발현		

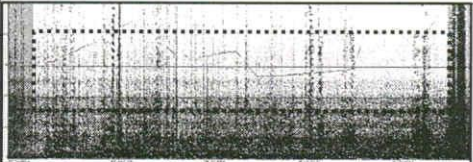
A-Spot 3		fig
From	0:03.7831	
To	0:09.4358	
duration	05.6527	
issue		
3100hz -> 3600hz로 급상승, spot2 연동.배음		

A-Spot 4		fig
From	0:03.8743	
To	0:08.6346	
duration	04.7602	
issue		
800hz/600hz상 협대역 신호발현		

해당 주파수대역(A-spot4)의 음향정보와 지속 진행추이는 다음(표)과 같음.

800hz 대역			600Hz 대역		
Time	Freq(Hz)	dB	Time	Freq(Hz)	dB
00:04.1169	844.821	-51.6	00:04.0210	632.501	-42.8
00:04.1361	837.628	-52.4	00:04.0402	626.451	-42.4
00:04.9807	844.175	-47.1	00:04.9711	632.584	-48.8
00:04.9999	844.047	-47.1	00:04.9903	632.378	-47.0
00:05.0191	844.598	-47.9	00:05.0095	633.240	-46.9
00:05.0383	851.551	-51.6	00:05.0287	634.889	-47.5
00:05.9788	853.538	-49.6	00:05.9692	640.837	-46.6
00:05.9980	851.848	-45.6	00:05.9980	639.643	-49.4
00:06.0172	850.492	-49.6	00:06.0268	637.359	-50.3
00:06.0364	849.212	-47.4	00:06.0460	637.261	-49.7
00:06.9769	851.190	-53.9	00:06.9673	636.725	-44.1
00:06.9961	850.432	-50.0	00:06.9865	637.155	-43.5
00:07.0153	849.548	-50.0	00:07.0057	637.064	-41.2
00:07.0441	843.758	-45.9	00:07.0249	634.929	-41.8
00:07.8695	851.384	-57.5	00:07.9654	641.987	-43.0
00:07.8982	848.422	-48.1	00:07.9846	642.999	-44.4
00:08.0614	851.566	-55.6	00:08.0038	643.365	-43.6
00:08.0998	860.874	-55.0	00:08.0230	643.981	-46.0
00:08.5797	776.113	-26.7	00:08.5892	617.837	-47.9
00:08.5988	771.614	-23.7	00:08.6084	615.324	-53.0

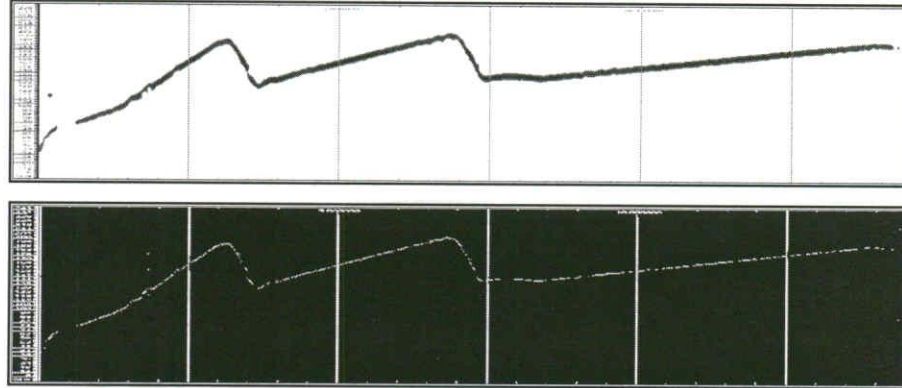
A-Spot 5		fig
From	0:08.3173	
To	0:09.7784	
duration	01.4611	
issue		
1.4611간 ≒ 10900hz->7850hz까지 급하락, 추돌		

B-Spot 1		fig
From	0:11.7188	
To	0:24.7637	
duration	13.0448	
issue		
4,600~8,600hz 주파수대역에서 연동.배음		

나) 비교대상물

비교대상물 상 제1 내지 제3가속음향부의 기본 엔진구동음의 주파수 발현정보와 분당 회전수(RPM)는 다음과 같음.<참조.fig22~30>

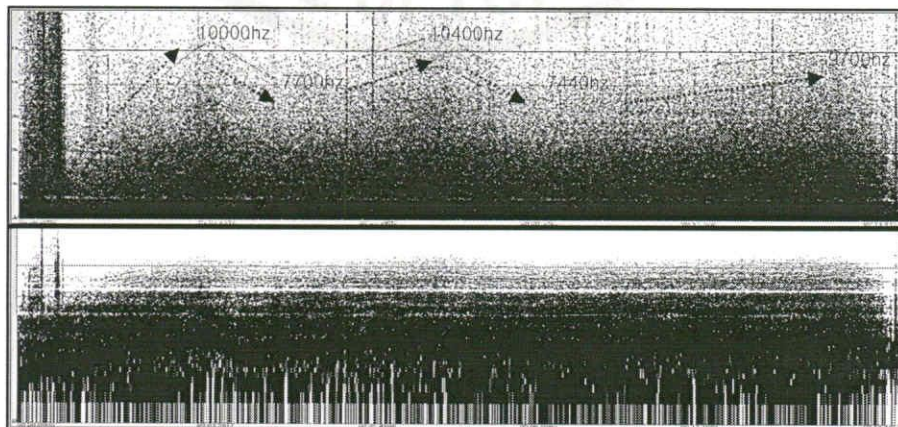
(1) 제1가속음향부 (Drive modes: D)



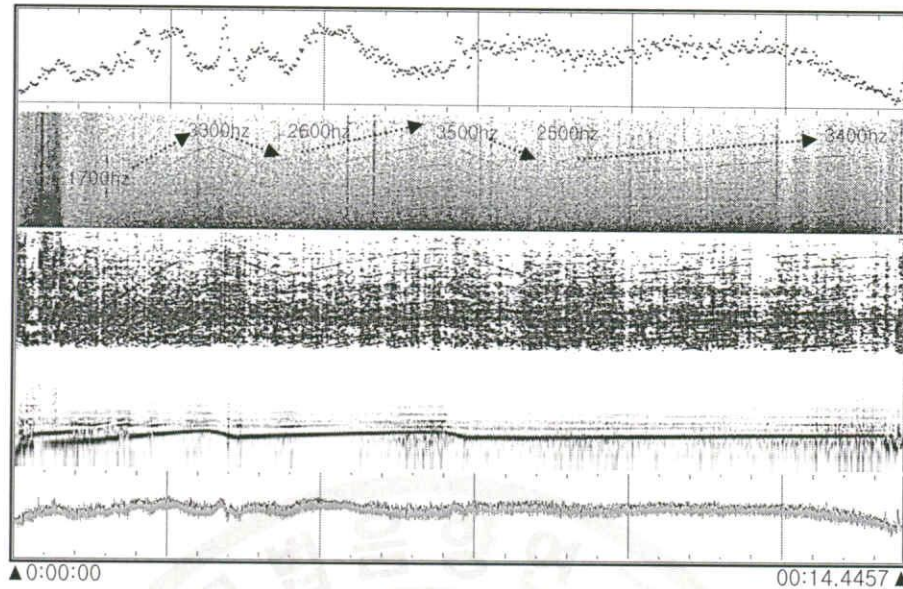
<fig22.제1가속음향부-기본 엔진구동음_spectrogram>

PT	time	frame	Freq[hz]	RPM
1	0.0000	0	40	1209
2	0.2946	12992	72	2157
3	0.5994	26432	79	2367
4	1.9098	84224	132	3956
5	3.1289	137984	196	5871
6	3.6470	160832	132	3956
7	6.8063	300160	206	6166
8	7.4463	328384	144	4335
9	13.8362	610176	194	5819
10	14.1613	624512	192	5766

별도 주파수대역에서 관찰된 음향개소의 특성은 다음과 같음.<참조.fig23,24>

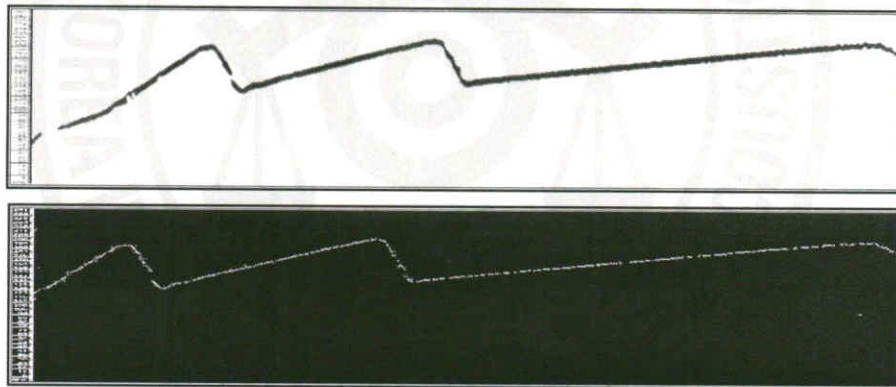


<fig23.제1가속음향부-spectrogram>



<fig24.제1가속음향부-comprehensive analysis of acoustic signals>

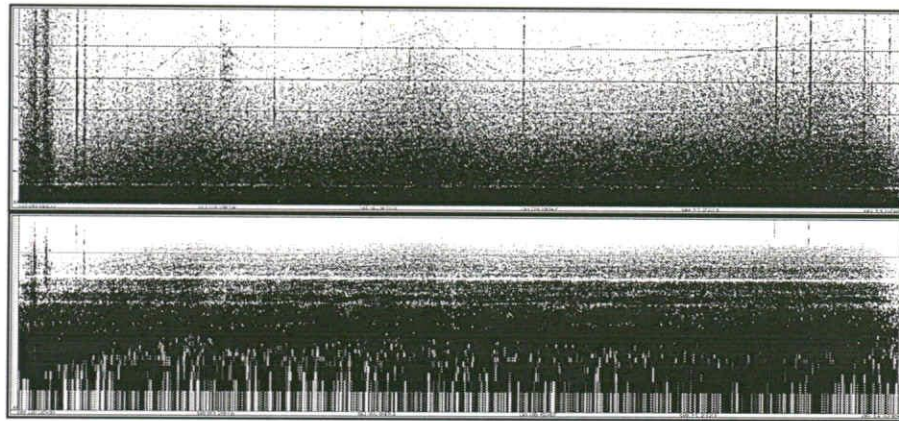
(2) 제2가속음향부 (Drive modes: power)



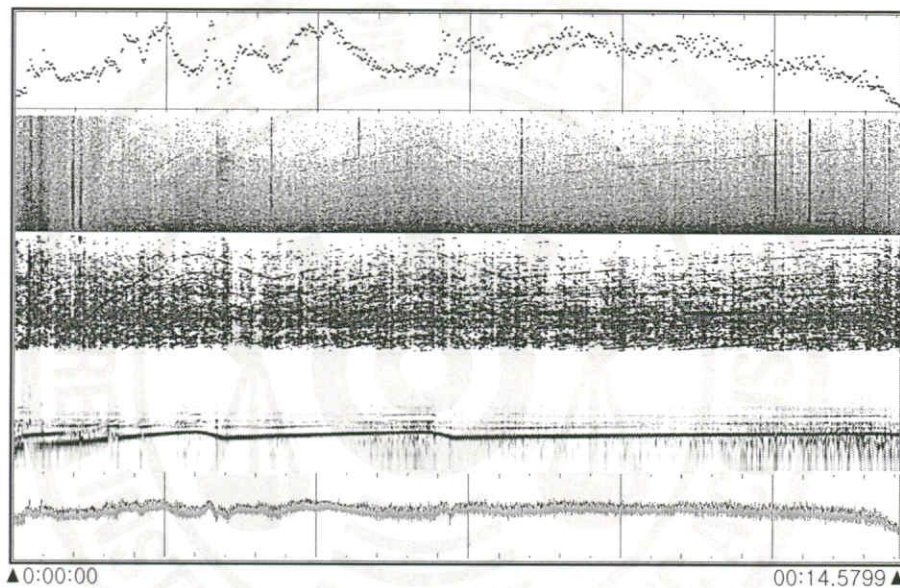
<fig25.제2가속음향부- 기본 엔진구동음_spectrogram>

PT	time	frame	Freq(hz)	RPM
1	0.0000	0	58	1755
2	0.1669	7360	70	2091
3	1.6109	71040	128	3826
4	2.9896	131840	195	5846
5	3.3596	148160	157	4701
6	3.5483	156480	133	3977
7	6.7410	297280	204	6116
8	7.2707	320640	145	4348
9	14.1932	625920	203	6099
10	14.5415	641280	190	5711

별도 주파수대역에서 관찰된 음향개소의 특성은 다음과 같음.<참조.fig26,27>

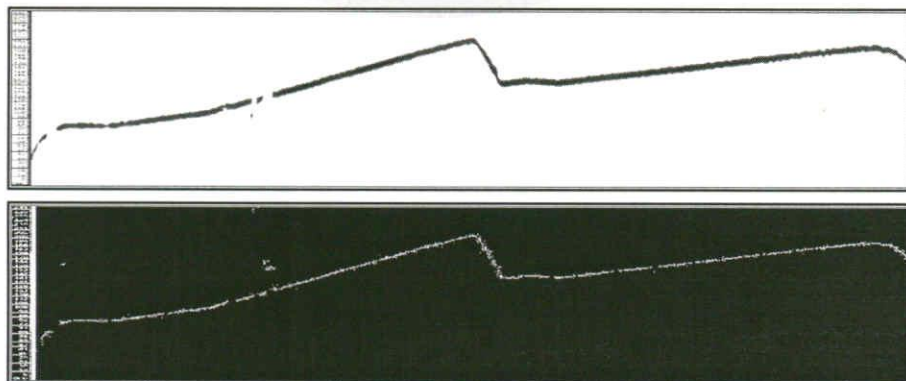


<fig26. 제2가속음향부-spectrogram>



<fig27. 제2가속음향부-comprehensive analysis of acoustic signals>

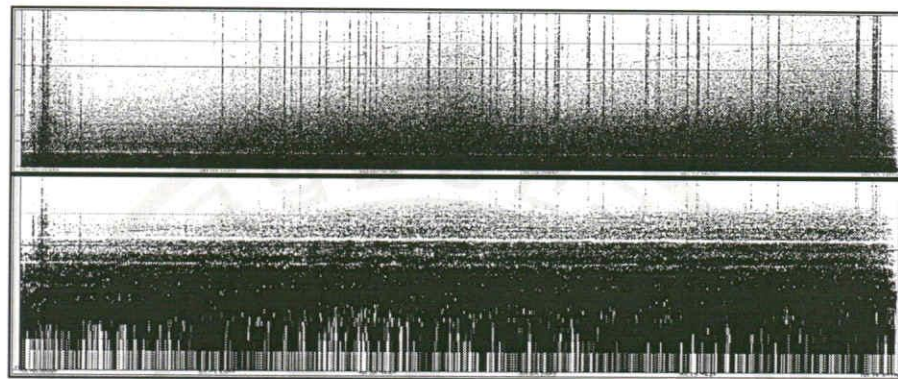
(3) 제3 가속음향부 (Drive modes: winter)



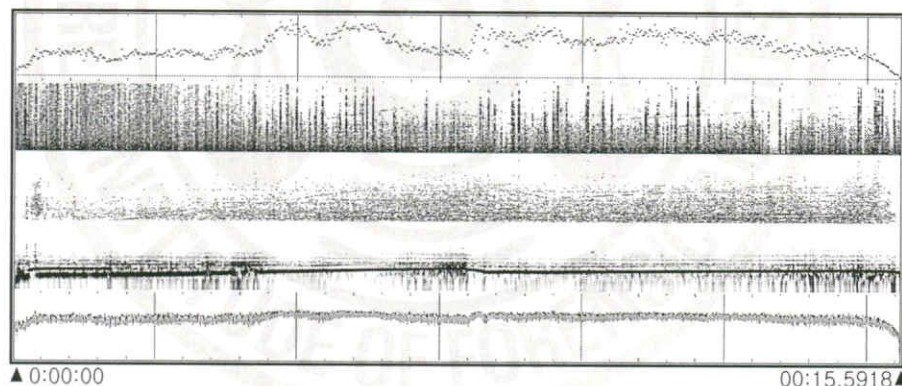
<fig28. 제3가속음향부-기본 엔진구동음_spectrogram>

PT	time	frame	Freq(hz)	RPM
1	0.0000	0	41	1230
2	0.4702	20736	80	2399
3	3.4220	150912	112	3367
4	7.8193	344832	206	6166
5	8.3853	369792	145	4345
6	9.3518	412416	147	4398
7	15.0204	662400	196	5882
8	15.5603	686208	174	5219

별도 주파수대역에서 관찰된 음향개소의 특성은 다음과 같음.<참조.fig29,30>

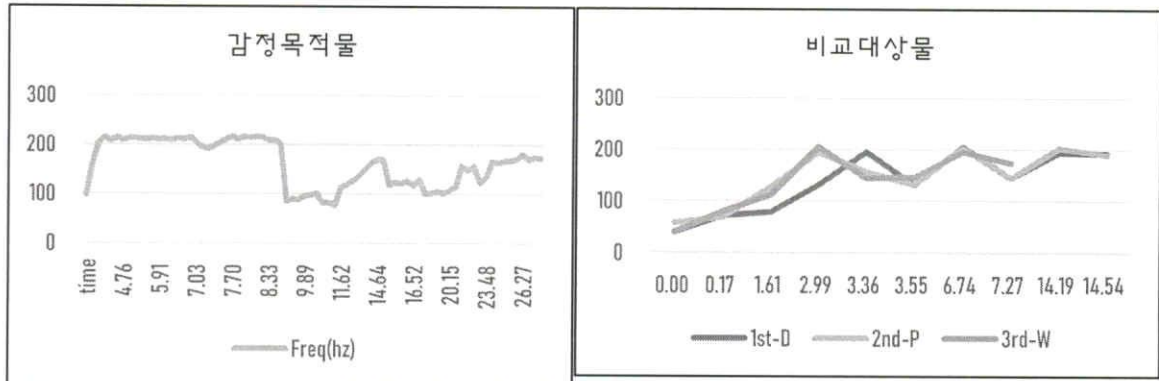


<fig29.제3가속음향부-spectrogram>



<fig30.제3가속음향부-comprehensive analysis of acoustic signals>

상기와 같이 비교대상물 상 제1 내지 제3가속음향부는 주행모드 별 자동 변속 타이밍 특성에 따른 주파수 변화 시점 외 공히 유사한 음향정보를 보유하고 있으며, 이들 가속음향부 3종과 감점목적물의 기본 엔진구동음 및 주행관련 음향정보는 주파수(RPM)의 변화추이 및 발현 특성에서 상호간 차별성이 관찰됨.<참조.fig31>

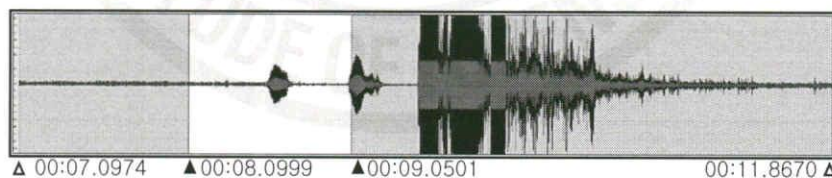


<fig31.기본 엔진구동음 주파수 발현 추이>

나. 이 사건 자동차가 기아 모닝 차량을 충돌하기 전 울린 전방충돌 경고음은 기아 모닝 차량을 충돌하기 전 얼마 전에 울리기 시작했는지와 언제까지 울렸는지, 특히 기아 모닝 차량을 충격할 때까지 계속 울렸는지.

1) 해당 구간부 위치

제1감정목적물 상에서 이 사건 자동차가 기아 모닝 차량을 충돌하기 전 FCWS(Forward Collision Warning System)의 경고음 발생 여부를 관찰한 바, 확인된 발생 구간부의 위치는 다음과 같음.<참조.fig32>



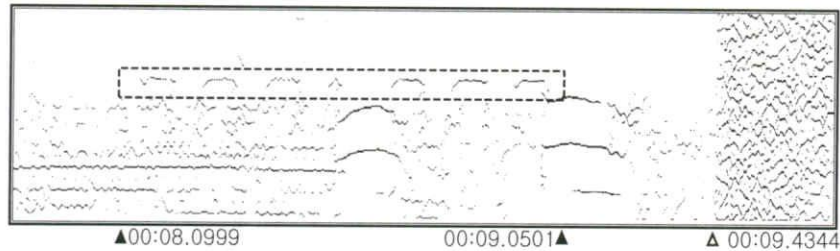
<fig32.해당 구간부 위치-waveform>

2) 관찰 및 조치

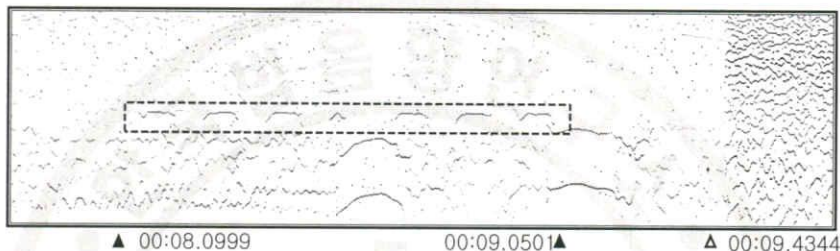
제1감정목적물의 전체 녹취부(00:19.9200) 중, 경고음 발생 구간부는 00:08.0999 ~ 00:09.0501(모닝 충돌 전) 구간이며(duration 00:00.9501), 당시 해당 블랙박스 기기의 집음(mic) 성능 및 음장 특성으로 입력 음압이 미약하여<참조.fig32>, 제반 조치하며 관찰함

3) 감정 소견

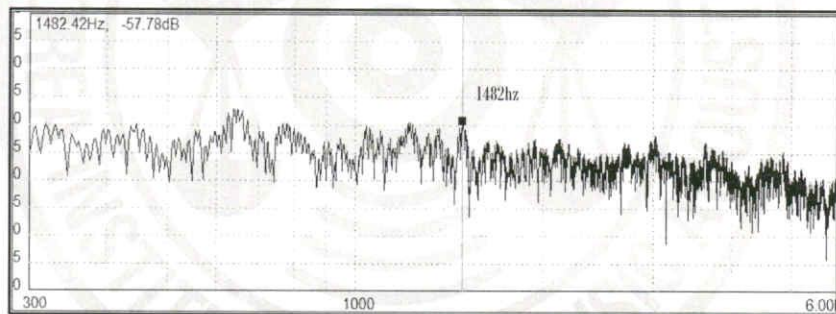
감정경로를 통하여 해당구간의 음향신호를 관찰·분석한 바, <참조.fig33~35>



<fig33.경고음 발생 구간부- spectrogram>



<fig34.발생 구간부- spectrogram_log>

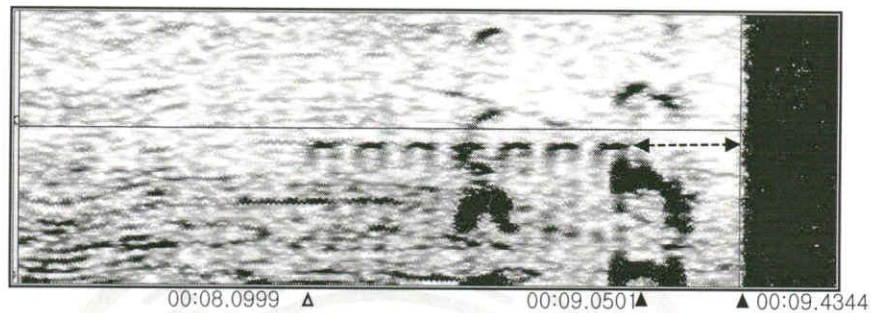


<fig35.FCWS 경고음-spectrum>

가) 모닝 차량 추돌 전, 전방추돌 경고음(1482hz/-56.46db 내외)은 일정 시차 간격으로 총7회 발생하였으며, 4회차 경고음 신호는 운전자의 발화 음성(masker)의 개입(masking)으로 일부만이 관찰됨.

회차	시점	duration	간격
1	00:08.0999	00.0850s(±00.0050)	-
2	00:08.2406	00.0850s(±00.0050)	00.0610s(±00.0050)
3	00:08.3881	00.0850s(±00.0050)	00.0610s(±00.0050)
4	00:08.5313	00.0850s(일부masking)	00.0610s(±00.0050)
5	00:08.6780	00.0850s(±00.0050)	00.0610s(±00.0050)
6	00:08.8171	00.0850s(±00.0050)	00.0610s(±00.0050)
7	00:08.9621	00.0850s(±00.0050)	00.0610s(±00.0050)

나) 최종 전방 추돌 경고음은 00:08.9621 시점에 발생하여 00:09.0501 시점에서 소멸되고, 모닝 차량 추돌시점은 00:09.4344 시점으로 확인되는 바, 전방 추돌 경고음은 추돌시점 기준 00:00.3843초 (7회차 경고음 소멸시점 기준) 전까지 발생된 것으로 추정됨.<참조.fig36>

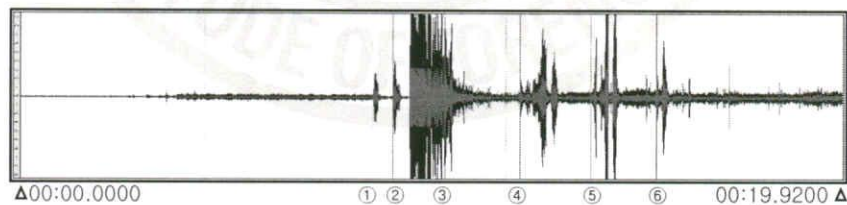


<fig36.FCWS 경고음↔추돌시점_ spectrogram>

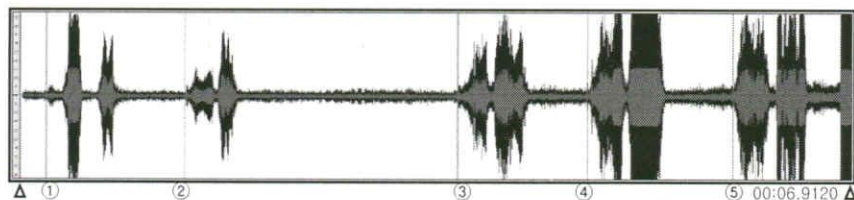
다. 블랙박스에 녹음된 소리 중, 원고 최애숙이 어느 시점에 무슨 말을 했는지와 그 이외의 소리는 어떤 것이 녹음되어 있는지.

1) 해당 구간부 위치

각 감정목적물의 녹취부상에서 원고 최애숙에 의한 발화 시점은 다음과 같음.<참조.fig37,38>



<fig37.제1감정목적물-발화시점부 위치_waveform>



<fig38.제2감정목적물-발화시점부 위치_waveform>

2) 해당구간부에 대한 조치

운전자(원고 최애숙)의 발화 음성정보(휴지 언어 포함) 관찰을 위하여, 당시 음장 조건에 따라 음성 주파수대역의 음향신호를 제반 조치 하며, 분석함.

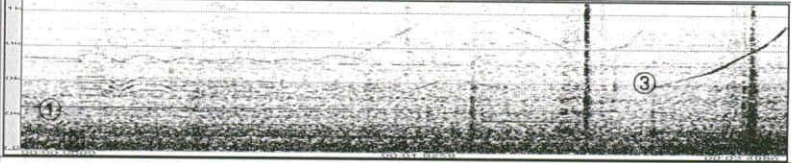
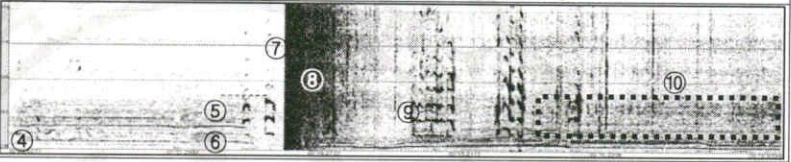
3) 감정 소견

가) 감정경로를 통하여 해당구간의 음성정보를 분석한 바, 제1감정목적물에서 6개 구간, 제2감정목적물에서 5개 구간(총 11개 구간)에서 다음과 같이 원고 최애숙의 발화내용이 관찰됨.

총순		순	시 점	음원	발화 내용
1	제 1 감 정 목 적 물	1	00:08.5510	음성	“아!” 유언휴지(filled pause)
2		2	00:09.0281	음성	“아이구” 유언휴지(filled pause)
3		3	00:10.2848	음성	아 아~
4		4	00:12.1063	음성	아이구 이게 왜 안 돼!
5		5	00:12.1063	음성	어, 불이 난다~
6		6	00:15.4217	음성	엄마!
-		fn	00:19.9200		녹화(녹취) 종료.
7	제 2 감 정 목 적 물	1	00:00.2189	음성	이게 안 돼
8		2	00:01.3575	음성	도현아
9		3	00:03.5988	음성	도현아 (tone up)
10		4	00:04.6677	음성	도현아 (절규)
11		5	00:05.8622	음성	도현아 (절규)
-		fn	00:06.9120		녹화(녹취) 종료.

블랙박스 기록 상 최종 추돌 직전의 당시 긴박 상황에서 운전자(원고 최애숙)은 약칭이나 별칭, 지시나 명령 언어의 사용없이 발성기관(調音器官)을 이용한 명확한 조음(調音)으로 동승자 이름 “도현아” 를 총 4회 반복 발화함.

나) 그 이외의 어떤 소리 녹음되어 있는지에 대한 분석은 당시 상황 및 음장 특성상 각종 음향의 복합적 발생과 함께, 대조 시료음향이 부재하여 특정 곤란하며, 일부 추정가능한 발생 음향 및 음성은 다음과 같음.

제1감정목적물			
P	시 점	음원	발화(발생) 내용
1	00:00.0000	스피커	Radio 방송(음악) 송출
2		엔진	구동음
3	00:03.0266	음향	2연 전자음(1500hz) 및 내비 안내음성(“왼쪽 커브에 주의하세요”)
fig	Spectrogram(P1-3)		
4	00:03.7896	엔진	굉음성 엔진음 및 파생음향 발생
5	00:07.8302	음성	동승자 발화 [하기 추가 소견 참조]
6	00:08.3577	엔진	굉음성 엔진음 감소(fade out)
7	00:09.4344	음향	충돌음 (흰색 모닝) 및 파생음향 발생
8	00:09.6649	음향	Beep sound 2회발생 (1205hz / interval: 00.0800sec)
9	00:12.1063	음성	동승자 발화 [하기 추가 소견 참조]
10	00:12.0739	음향	차량 파손체 일부 : 노면 간 표면마찰음 발생 · 지속
fig	Spectrogram(P4-10)		
fn	00:19.9200	-	녹화(녹취) 종료
제2감정목적물			
11	00:00.0000	음향	차량 파손체 일부 : 노면 간 표면마찰음 발생 · 지속
12	00:06.7446	음향	BEEP sound 발생. [하기 추가 소견 참조]
fig	Spectrogram(11,12)		
fn	00:06.9120	-	녹화(녹취) 종료

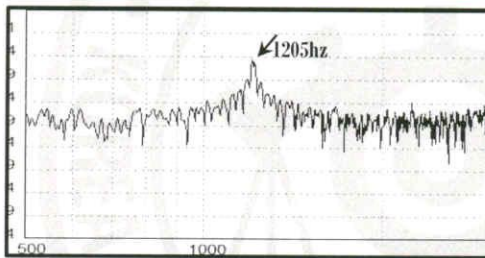
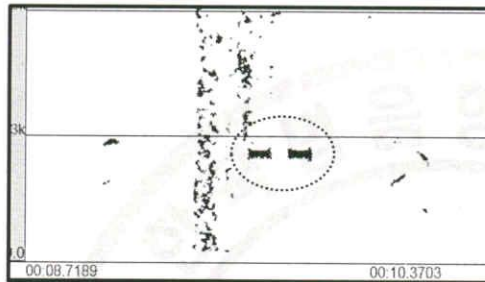
(1) 5번.9번 시점 동승자 음성발화 관련

동승자(12세.남아) 1인의 탑승은 공개 사실이나, 당시 상황에 따른 동승자의 대응관련 언행정보가 전무하고, 당시 상황을 감안할 때 측면 상태 외 사고 경과 내내 침묵 상태를 유지하는 것은 극히 이례적이라 사료되기에, 음성신호의 발현 미흡으로 녹취부 전체를 미세 구간별로 제반 조치를 반복하며 정밀 청취분석을 시도한 바, 동승자의 발화음성은 5번 시점부(00:07.8302 / 전방 추돌 경고음 발생부)에 “부닥치겠다” [Tone:차분.침착], 9번 시점부(00:12.1063 / 추돌후 최애속” 아이구 이게 왜 안 돼” 발화부)에 “어 / 어 ~” [Tone:공포 반응]로 추정됨.

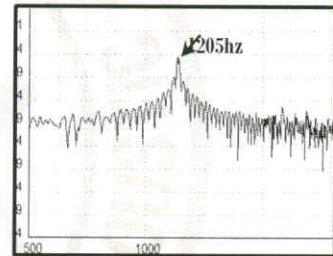
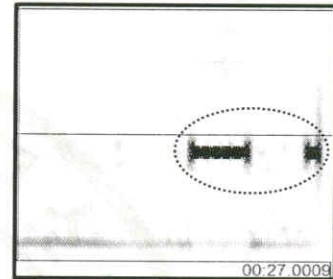
(2) 12번 시점 beep sound 발생 관련

(가) 해당 시점에 발생한 경고음은 일반 청취상 1회 발생한 것으로 인지되나, 분석 상 2회차 경고음 발생 도중 블랙박스 녹화(녹음) 기능의 소실로 beep sound 일부만이 녹취된 것으로 추정됨.

(나) 이때 발생한 음향이 블랙박스에서 발생한 것인지, 해당 차량 정보 시스템에 의한 것인지는 불상이나, 원고 내지 피고측은 인지 가능하리라 사료되며, 해당 음향은 상기 8번(00:09.6649 시점) Beep sound 음향 특성과 동일성이 확인됨.<참조.fig39,40>



<fig39.8번 beep-spectrogram.spectrum>



<fig40.12번 beep-spectrogram.spectrum>

	8번 beep sound	12번 beep sound
Freq	1205 hz	1205 hz
decibel	-5.40 db	-4.99 db
interval	800ms	800ms
THD	26.796%	26.796%

라. 원고들이 제공하는 2018년식 티볼리에어 차량에서 시속 30~40km/h로 주행 중 변속레버를 D에서 N으로 움직일 때 나는 소리와 N에서 D로 움직일 때 나는 소리를 채취하여, 그 음향학적 특성이 어떠한지.

1) 진행 경과

가) 23.6.27 감정기일 절차 진행 시, 원고 소송대리인 제출한
“감정사항 추가” (23.6.26 자)를 영수하여, 감정사항에 포함함.

나) 원고들이 제공한 해당 차량의 변속레버 조작음(操作音) 녹취 및
참관을 위하여 본 감정인 외 원·피고 관계자는 다음과 같이 집결함.

일 시	2023.7.5(수) 14:30
장 소	인천광역시 서구 봉수대로 158, B1층 B09호(가좌동, 엠파크타워)
원고측	하종선 변호사 . 이상훈
피고측	KG모빌리티(주) 소속 오석진 외 2명
차량 알선자	B09호 상사 직원 1명

다) 원고들이 제공한 차량 정보는 다음과 같음.

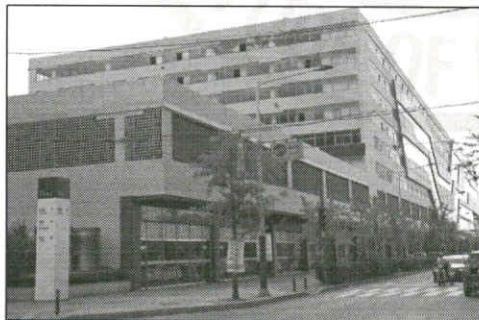
차 종	쌍용 티볼리 에어 (2018년식)
세부 모델	4WD . 1.6LX
주행 기록	94,000Km
엔진 상태	양호(성능기록부상)
오일 상태	불상
사고 여부	무사고(성능기록부상)

[이하, “제공 차량”으로 칭함]

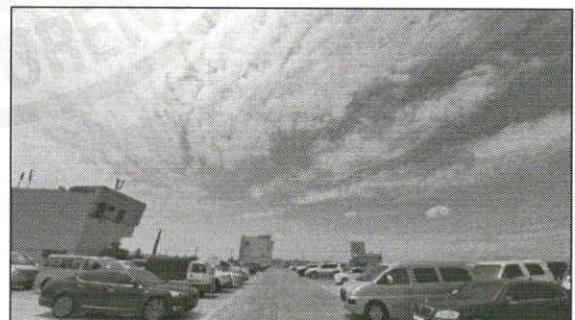
2) 실시 조건

가) 공간 정보

주행 및 변속기어 작동음 채취는 안전을 위하여, 차고지 엠파크타워
9층(옥상) 공간에서 실시됨.



[엠파크타워 외관]



[엠파크타워 9F(옥상)-전경]

옥상 특성	해당 정보
직선 주행 가능거리	약 200m 내외
바닥재	폴리머수지몰탈
면적	불상

나) 동승자 정보

감정인 외, 제공 차량 동승 참관인은 원고측 1인(하종선 변호사),
피고측(오석진) 1인이며, 진행 편의상 운전 및 작동은 원고 이상훈이
담당함.(총 탑승인원: 4인)

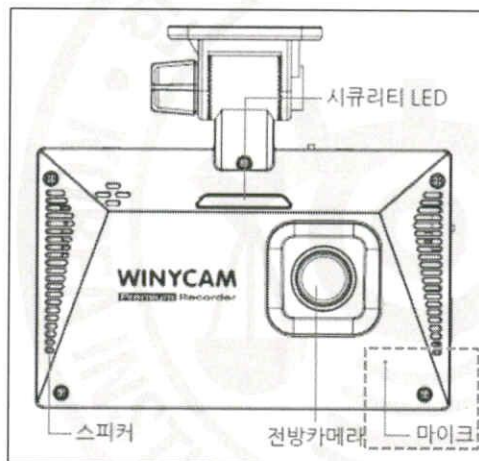
다) 기상 정보

2023.07.05. 15:00 (인천광역시 서구) 기준

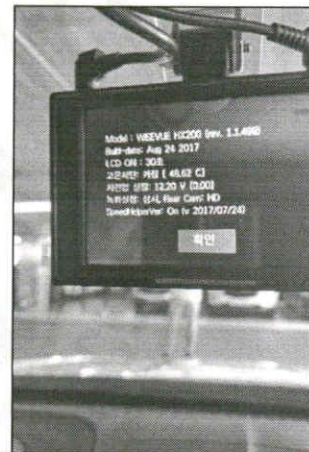
강수	0		일강수	5.0	기온	25.8		습도	73
풍향1	269.2	w	풍속1(m/s)	4.5	풍향10	255.6	WSW	풍속10(m/s)	4.1

3) 블랙박스 정보

제공 차량에 장착되어 있는 블랙박스의 외관 및 특성정보는 다음과 같음.



[HX200 전방캠-구조 및 mic위치]



[HX200-실사]

제조사	(주)위니테크놀로지	제조국	대한민국
모델명	HX200	인증번호	MSIP-REM-WTP-HX200
CPU	ARM Cortex A7 core	G-Sensor	3축 가속도 G 센서
Memory	128MByte Serial NAND	영상포맷	AVI
RAM	256 MB DDR	ADAS	LDWS, 과속방지(국내)
영상 녹화	2CH	음성녹음	고감도 마이크 내장
카메라	전방 : 1M Pixel/후방: 1M Pixel CMOS 컬러 이미지 센서	음성안내	스피커 내장
녹화해상도	Front : HD (1280 x 720) Rear : HD (1280 x 720)	비디오코덱	H.264 / AVC
FPS	30 FPS / 30 FPS	기록 장치	microSD Card
화각	Front : 92.2° (H) X 48.4° (V) X 109.8° (D) / Rear : 89.9° (H) X 64.9° (V) X 120.3° (D)	고온차단 기능	지원
Display (LCD)	3.5" TFT LCD with TSP (480 x 320)	상시전원 차단기능	내장 (6단계 설정)
입력전원	DC 12V~24V	동작온도	-20℃ ~+70℃
보조전원	Super Capacitor	저장온도	-30℃ ~+80℃

4) 비교 시료음향 생성

가) 이 사건의 당시 상황과 유사한 상기 조건하에서 주행(30~40km/h) 중인 제공 차량의 변속레버를 D->N으로, N->D로 반복 조작하여, 이 때 발생되어 블랙박스의 mic부로 집음된 음향을 녹취, 시료 음향데이터를 생성 및 백업함.

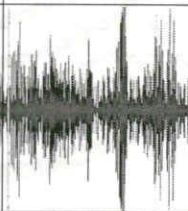
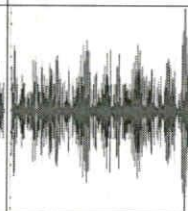
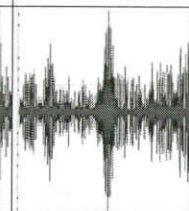
나) 각 상황 및 조건별로 채취된 샘플 녹취분 중, 음향정보 발현이 우월한 4개 구간부를 시료 음향으로 삼음.

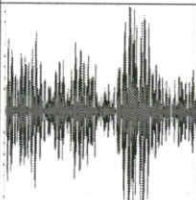
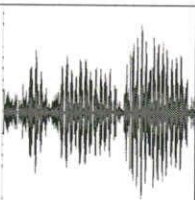
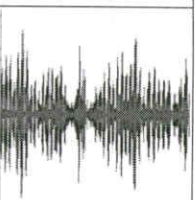
5) 감정 소견

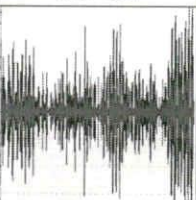
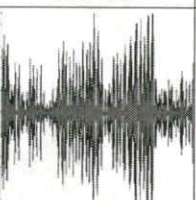
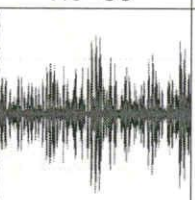
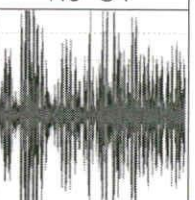
각 조건에 따라 변속레버를 D->N으로, N->D로 조작 시 발생된 음향정보의 특성을 분석함.

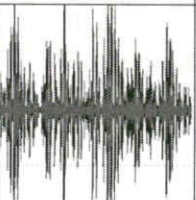
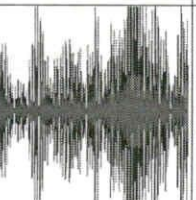
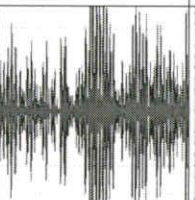
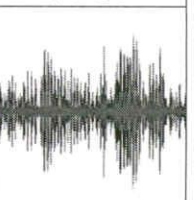
가) 조건별 오디오정보 특성

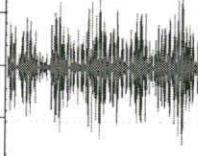
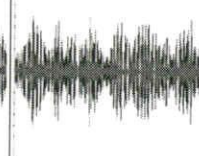
(1) 변속레버 D-> N

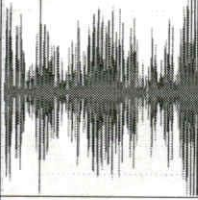
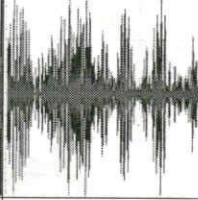
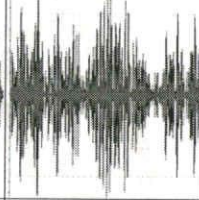
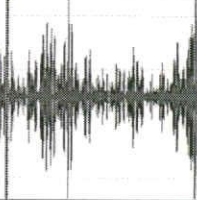
T	condition		N1-S1	N1-S2	N1-S3	N1-S4
N1	속도	35km±5/h				
	창문	shut				
	라디오	on				
	기어조작	soft				
	Duration(sec)		01.6334	01.6096	01.2765	01.1814
	RMS		-10.0 dB	-10.1 dB	-10.7 dB	-9.6 dB
	Frequency Estimate		120.606Hz	118.350Hz	119.850Hz	161.137Hz
	Rectified Avg		-18.0 dB	-18.2 dB	-18.8 dB	-18.5 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-32.2 dB	-33.8 dB	-33.4 dB	-37.7 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-51.5 dB	-52.8 dB	-51.8 dB	-56.8 dB
	Max Pos Peak		-0.4 dB	-0.3 dB	-0.9 dB	-0.4 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	0.0 dB	0.0 dB

T	condition		N2-S1	N2-S2	N2-S3	N2-S4
N 2	속 도	35km±5/h				
	창 문	shut				
	라디오	off				
	기어조작	nomal				
	Duration(sec)		00.9424	00.6635	00.6511	00.5577
	RMS		-8.1 dB	-9.4 dB	-10.8 dB	-11.0 dB
	Frequency Estimate		116.714Hz	88.911Hz	162.014Hz	112.946Hz
	Rectified Avg		-16.1 dB	-17.3 dB	-18.9 dB	-18.7 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-31.3 dB	-36.9 dB	-38.0 dB	-37.6 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-46.6 dB	-52.5 dB	-54.0 dB	-54.2 dB
	Max Pos Peak		-0.3 dB	-0.4 dB	-1.7 dB	-1.8 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	-2.0 dB	-2.5 dB

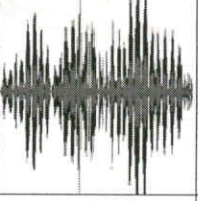
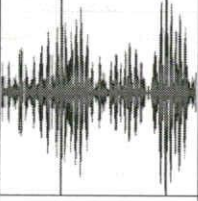
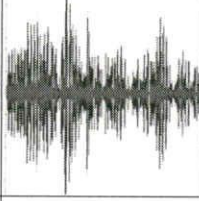
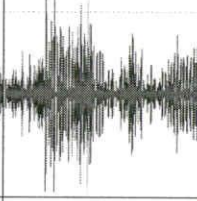
T	condition		N3-S1	N3-S2	N3-S3	N3-S4
N 3	속 도	35km±5/h				
	창 문	shut				
	라디오	off				
	기어조작	nomal				
	Duration(sec)		00.7296	00.6633	00.6775	00.6254
	RMS		-9.4 dB	-8.8 dB	-12.0 dB	-7.0 dB
	Frequency Estimate		130.194Hz	125.123Hz	149.802Hz	82.342Hz
	Rectified Avg		-17.4 dB	-16.8 dB	-19.8 dB	-14.7 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-34.6 dB	-30.5 dB	-33.4 dB	-32.5 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-51.1 dB	-48.6 dB	-50.2 dB	-50.6 dB
	Max Pos Peak		-0.4 dB	-0.5 dB	-3.0 dB	-0.3 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	-0.2 dB	-2.8 dB	0.0 dB

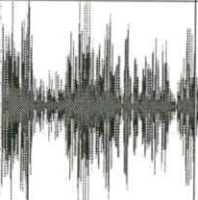
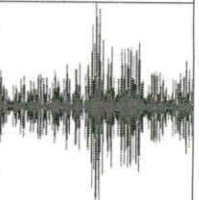
T	condition		N4-S1	N4-S2	N4-S3	N4-S4
N 4	속 도	35km±5/h				
	창 문	open				
	라디오	off				
	기어조작	Hard				
	Duration(sec)		00.7409	00.9310	00.7582	00.8210
	RMS		-8.2 dB	-6.1 dB	-7.1 dB	-12.3 dB
	Frequency Estimate		103.920Hz	51.020Hz	79.787Hz	112.049Hz
	Rectified Avg		-16.4 dB	-13.8 dB	-15.0 dB	-20.3 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-30.9 dB	-30.9 dB	-31.3 dB	-38.1 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-49.3 dB	-47.5 dB	-47.2 dB	-54.8 dB
	Max Pos Peak		-0.3 dB	-0.3 dB	-0.3 dB	-2.8 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	0.0 dB	-3.4 dB

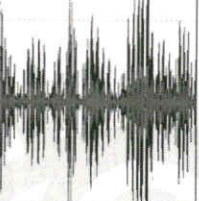
T	condition		N5-S1	N5-S2	N5-S3	N5-S4
N 5	속도	35km±5/h				
	창문	open				
	라디오	off				
	기어조작	Hard				
	Duration(sec)		00.6615	00.7493	00.7332	00.7117
	RMS		-11.6 dB	-13.5 dB	-13.3 dB	-19.0 dB
	Frequency Estimate		117.153Hz	149.471Hz	125.474Hz	301.372Hz
	Rectified Avg		-19.3 dB	-21.1 dB	-20.7 dB	-27.1 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-37.1 dB	-31.7 dB	-36.4 dB	-46.0 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-53.8 dB	-52.1 dB	-56.9 dB	-64.6 dB
	Max Pos Peak		-2.9 dB	-4.2 dB	-4.6 dB	-7.0 dB
	Max Neg Peak		-3.3 dB	-3.6 dB	-4.7 dB	-7.2 dB

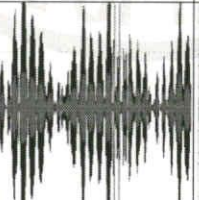
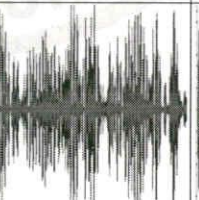
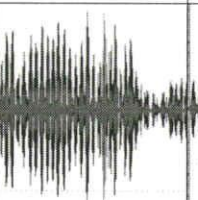
T	condition		N6-S1	N6-S2	N6-S3	N6-S4
N 6	속도	35km±5/h				
	창문	open				
	라디오	off				
	기어조작	Hard				
	Duration(sec)		00.7187	00.7571	00.7503	00.6445
	RMS		-7.6 dB	-8.6 dB	-8.8 dB	-11.2 dB
	Frequency Estimate		107.821Hz	129.428Hz	111.288Hz	184.613Hz
	Rectified Avg		-15.5 dB	-16.6 dB	-16.6 dB	-19.8 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-34.4 dB	-27.4 dB	-32.5 dB	-34.8 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-50.3 dB	-48.5 dB	-49.2 dB	-51.8 dB
	Max Pos Peak		-0.4 dB	-0.4 dB	-0.4 dB	-0.8 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	-0.2 dB	0.0 dB	0.0 dB

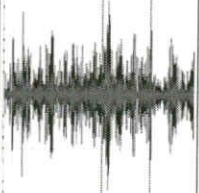
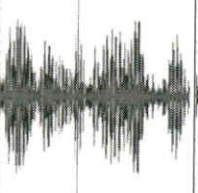
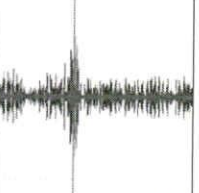
(2) 변속레버 N-> D

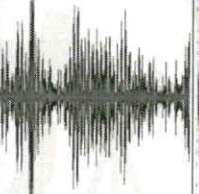
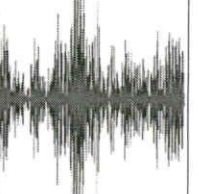
T	condition		D1-S1	D1-S2	D1-S3	D1-S4
D 1	속도	35km±5/h				
	창문	shut				
	라디오	on				
	기어조작	soft				
	Duration(sec)		00.4123	00.5471	00.8087	00.8606
	RMS		-8.1 dB	-9.7 dB	-10.5 dB	-11.1 dB
	Frequency Estimate		103.074Hz	136.170Hz	121.789Hz	133.628Hz
	Rectified Avg		-16.0 dB	-18.1 dB	-18.5 dB	-19.3 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-35.6 dB	-39.6 dB	-36.3 dB	-29.9 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-50.4 dB	-53.7 dB	-50.4 dB	-47.4 dB
	Max Pos Peak		-0.4 dB	-1.2 dB	-0.4 dB	-0.4 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	-1.7 dB	-0.8 dB

T	condition		D2-S1	D2-S2	D2-S3	D2-S4
D 2	속도	35km±5/h				
	창문	shut				
	라디오	off				
	기어조작	nomal				
	Duration(sec)		00.5770	00.8634	01.0723	00.9715
	RMS		-9.3 dB	-10.4 dB	-8.3 dB	-12.3 dB
	Frequency Estimate		129.976Hz	123.341Hz	101.178Hz	151.302Hz
	Rectified Avg		-17.1 dB	-18.3 dB	-16.2 dB	-20.4 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-30.8 dB	-34.7 dB	-29.8 dB	-33.3 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-47.8 dB	-52.2 dB	-46.9 dB	-53.1 dB
	Max Pos Peak		-0.4 dB	-0.4 dB	-0.4 dB	-0.4 dB
	Max Neg Peak		-1.0 dB	-0.3 dB	0.0 dB	-0.8 dB

T	condition		D3-S1	D3-S2	D3-S3	D3-S4
D 3	속도	35km±5/h				
	창문	shut				
	라디오	off				
	기어조작	nomal				
	Duration(sec)		00.6396	00.5306	00.4410	00.6806
	RMS		-8.1 dB	-10.2 dB	-10.6 dB	-10.5 dB
	Frequency Estimate		122.724Hz	210.108Hz	143.962Hz	132.957Hz
	Rectified Avg		-16.2 dB	-18.5 dB	-19.2 dB	-18.6 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-25.3 dB	-35.5 dB	-31.9 dB	-33.4 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-45.0 dB	-52.1 dB	-48.9 dB	-49.3 dB
	Max Pos Peak		-0.3 dB	-0.4 dB	-0.4 dB	-0.5 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	0.0 dB	0.0 dB

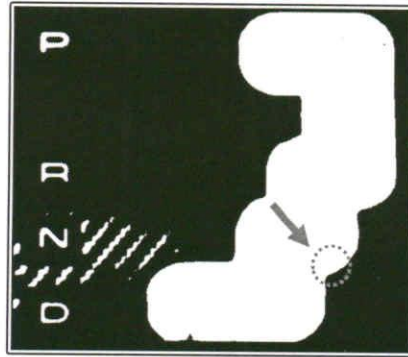
T	condition		D4-S1	D4-S2	D4-S3	D4-S4
D 4	속도	35km±5/h				
	창문	open				
	라디오	off				
	기어조작	Hard				
	Duration(sec)		00.3149	00.8397	00.4787	00.5497
	RMS		-6.8 dB	-7.5 dB	-8.4 dB	-12.2 dB
	Frequency Estimate		114.306Hz	92.291Hz	101.302Hz	141.880Hz
	Rectified Avg		-14.6 dB	-15.4 dB	-16.2 dB	-20.2 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-28.0 dB	-25.4 dB	-23.1 dB	-30.9 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-44.5 dB	-45.3 dB	-42.3 dB	-50.3 dB
	Max Pos Peak		-0.3 dB	-0.3 dB	-0.4 dB	-0.8 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	-0.5 dB	-3.3 dB

T	condition		D5-S1	D5-S2	D5-S3	D5-S4
D 5	속 도	35km±5/h				
	창 문	open				
	라디오	off				
	기어조작	Hard				
	Duration(sec)		00.9571	01.9431	00.6428	00.6665
	RMS		-7.5 dB	-11.6 dB	-10.4 dB	-18.4 dB
	Frequency Estimate		71.041Hz	155.930Hz	200.667Hz	299.321Hz
	Rectified Avg		-15.2 dB	-19.7 dB	-18.3 dB	-27.0 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-30.5 dB	-39.3 dB	-49.1 dB	-55.5 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-50.9 dB	-59.3 dB	-64.8 dB	-71.4 dB
	Max Pos Peak		-0.4 dB	-0.7 dB	-2.1 dB	-1.3 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	-0.6 dB	-0.3 dB

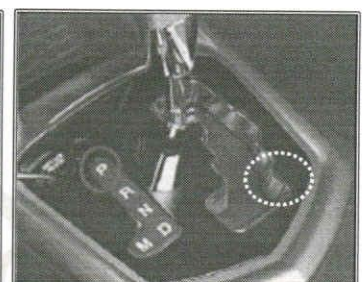
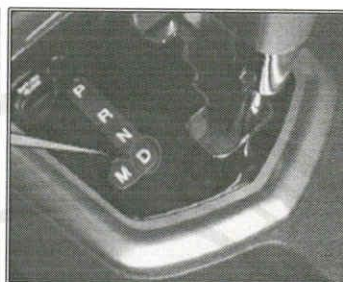
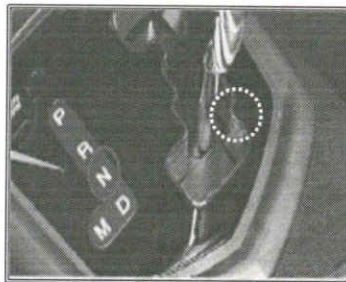
T	condition		D6-S1	D6-S2	D6-S3	D6-S4
D 6	속 도	35km±5/h				
	창 문	open				
	라디오	off				
	기어조작	Hard				
	Duration(sec)		00.5573	00.6103	00.5955	00.7991
	RMS		-10.4 dB	-9.7 dB	-10.3 dB	-9.4 dB
	Frequency Estimate		196.470Hz	123.699Hz	118.375Hz	130.757Hz
	Rectified Avg		-18.8 dB	-17.7 dB	-18.2 dB	-17.5 dB
	Max LF Level ▽10Hz		-25.7 dB	-32.1 dB	-30.4 dB	-29.1 dB
	Avg LF Level ▽10Hz		-43.5 dB	-47.7 dB	-46.5 dB	-48.0 dB
	Max Pos Peak		-0.3 dB	-0.4 dB	-0.9 dB	-0.4 dB
	Max Neg Peak		0.0 dB	0.0 dB	0.0 dB	0.0 dB

나) 구조적 특성에 따른 음향 특성

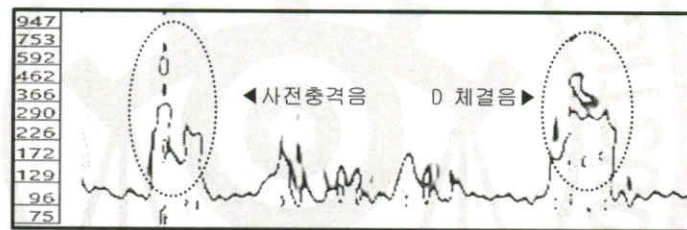
해당 차량의 기어레버 판넬부 구조상 운동방향에 따라 발생음의 특성 변화가 일부 관찰되는 바, D->N 조작 시에는 운동구조가 단순하여 발생음이 1회 확인되나, N->D 조작 시(6시 방향)에는 이동경로에 돌출부가 존재하여 무의식적으로 우측으로 힘이 가해지면 ㄱ형 돌출부에 부딪혀 충격음이 우선 발생한 후, 'D' 로 체결되는 현상이 간헐적으로 확인됨 .<참조.fig41~43>



<fig41.기어 판넬부 구조(左) 및 기어 운동 방향(右)>



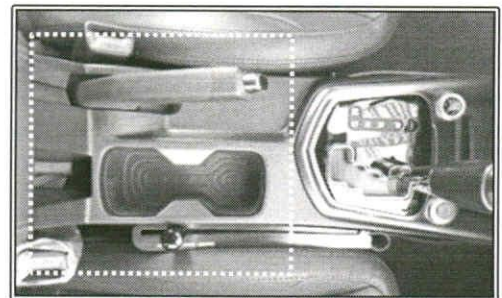
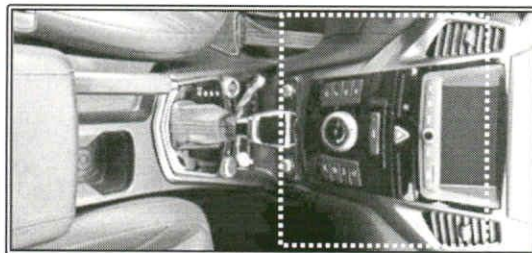
<fig42.기어 포지션별 돌출부 표시-N(左).D(中).P(右)>



<fig43.해당 발생부-spectrogram_log >

또한, 기어레버 상하 체결부의 구조 및 소재 특성상 하부측에 컵홀더 및 콘솔박스 등 내부 공간을 보유한 인테리어 요소가 위치하여 N->D(하향) 시, 저주파수 대역의 진동음이 상대적으로 강하게 발생하는 특성이 일부 관찰되었으나, 조작 방식 및 간섭 요소에 따라 상이할 수 있음.

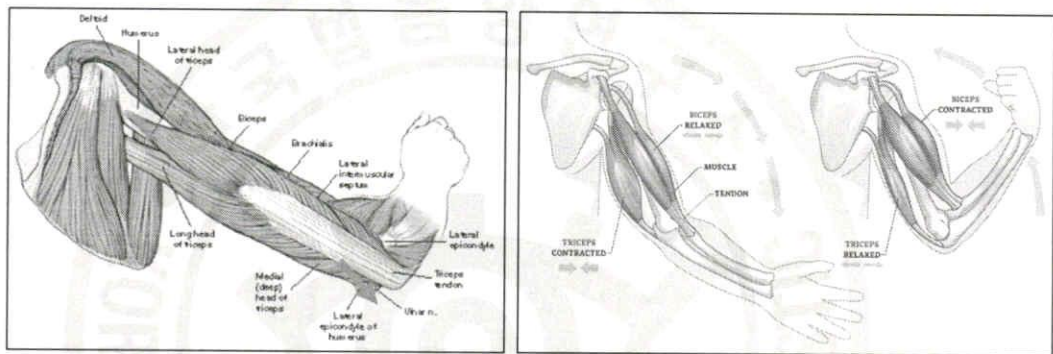
<참조.fig44>



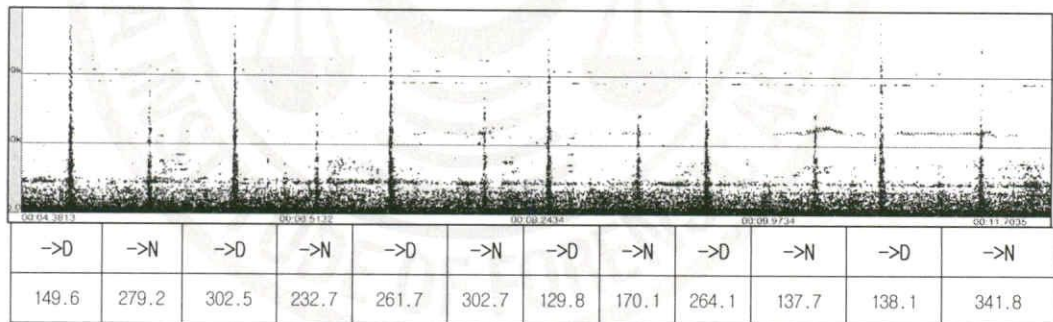
<fig44.기어 노브-상하 연결부 구조>

다) 신체 운동성에 따른 음압 특성

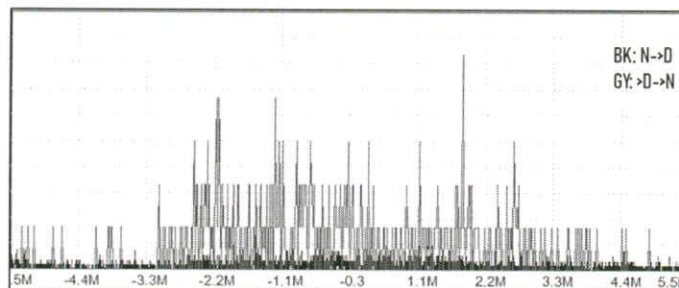
운전자는 변속레버 조작 시, 어깨 회전을 위한 근육과 함께, 상완이두근(biceps brachii)을 수축하여 당기기(pulling · N→D) 운동을, 상완삼두근(triceps brachii)을 수축하여 밀기(pushing · D→N) 운동을 함에 있어서 인체 구조 및 근육 특성상 당기는 근력이 강하기에, (F · pulling 100%:pushing 72% - 기술표준원, 2007) 당기기 운동을 하는 N→D 조작 시, 상대적으로 강한 충격음이 발생하여 입력 음압 상승 추이가 관찰됨. <참조.fig45~47>



<fig45.기어 변속 운동 시 사용 근육>



<fig46.변속레버 조작음-spectrogram·freq estimate>

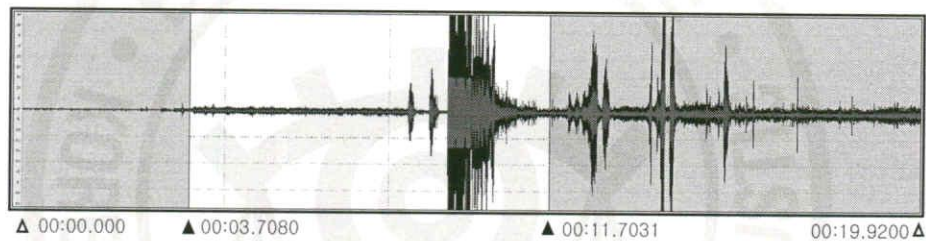


<fig47.변속레버 조작음-comparitive histogram>

마. 원고 최애숙이 웅하는 엔진 굉음이 나기 시작한 후 기아 모닝 차량을 충돌하기 전에 변속레버를 D에서 N으로 움직이는 소리가 들리는지.
기아 모닝 차량을 충돌하고 난 직후에 변속레버를 N에서 D로 움직이는 소리가 들리는지

1) 해당 구간 분석 및 조치

가) 제1감정목적물의 전체 녹취부(00:19.9200) 중, 소위 “굉음” 발생 개시 시점은 00:03.7080, 기아 모닝 차량 충돌시점은 00:09.4344으로 관찰되었으며, 충돌 후 직후 시점은 기준이 다소 모호한 바, 재가속 개시점 00:11.7031(충돌시점 +00:02.2687s)까지로 특징하여 (00:03.7080~00:11.7031 / duration 00:07.9951) 관찰함. <참조.fig48>

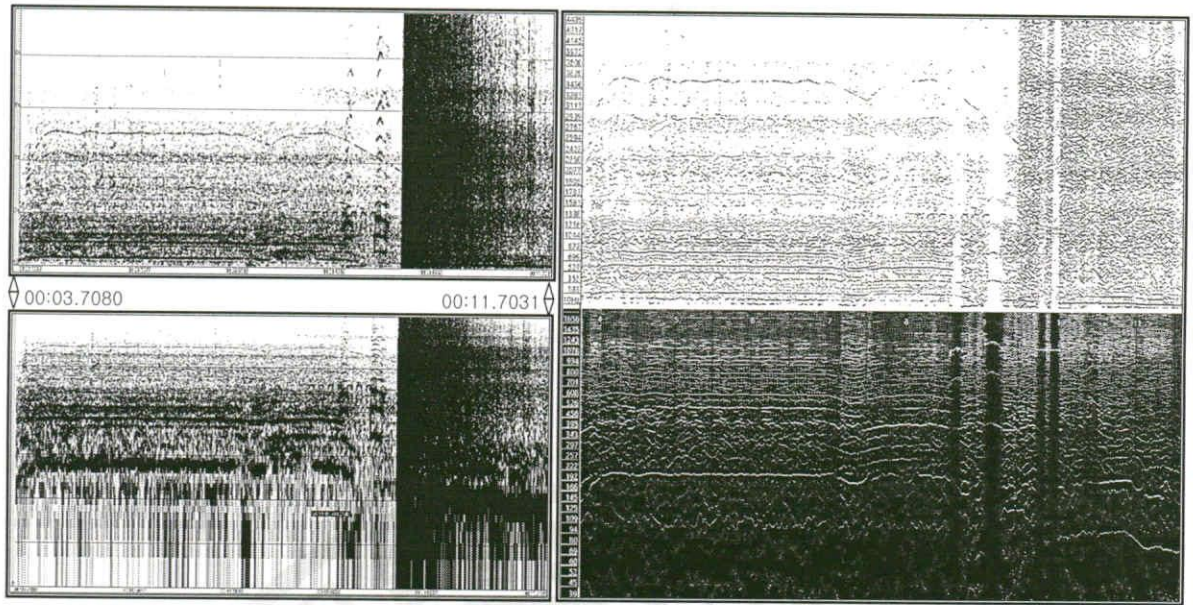


<fig48.제1감정목적물 상 해당 구간부 위치_waveform>

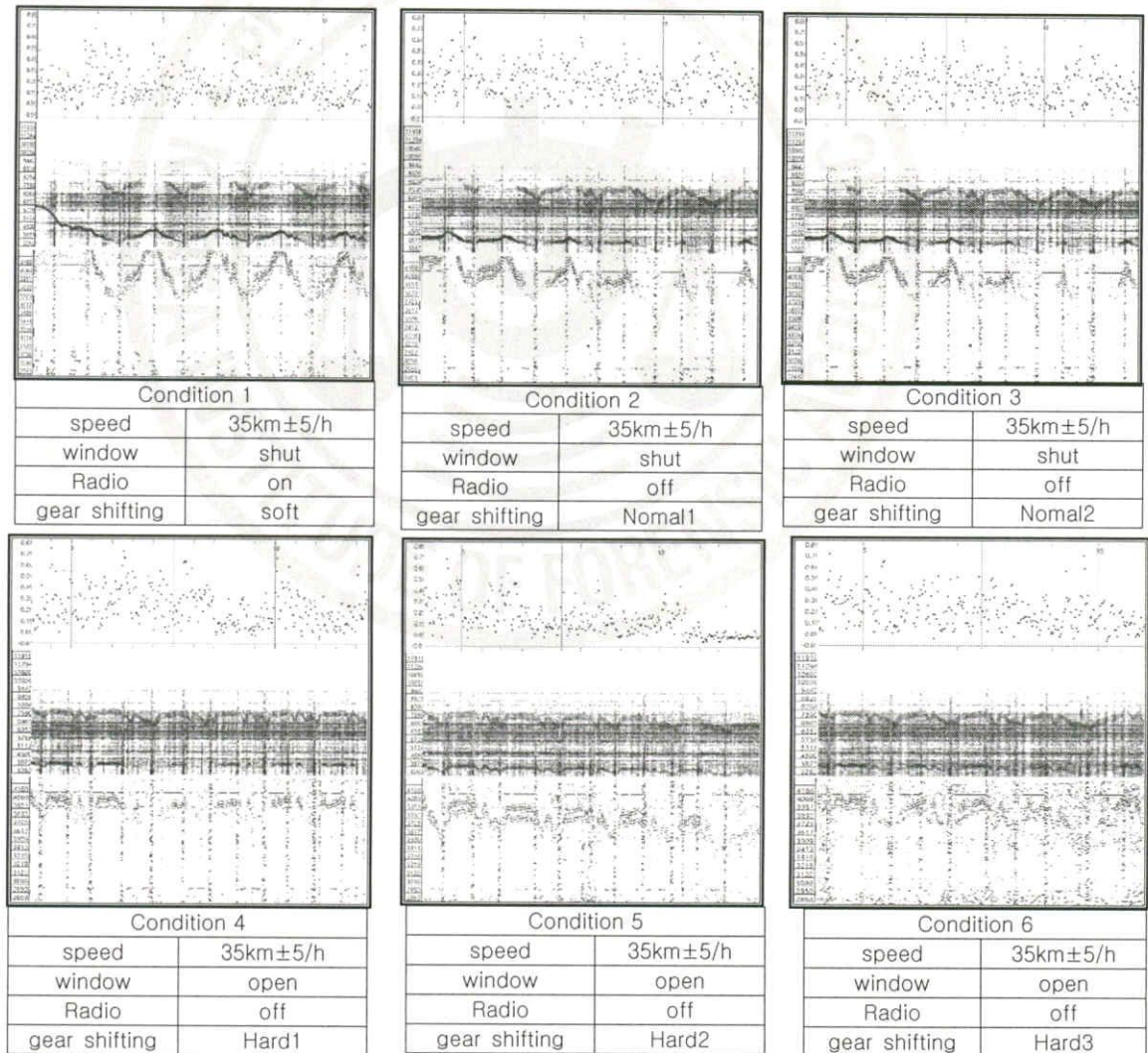
나) 여타 발생 음향 특성에 따른 마스킹 현상으로 엔진 구동 및 충돌음 등에 대한 일부 주파수대역을 제어 및 조치하여 감정함.

2) 감정 소견

엔진 굉음이 나기 시작한 후 기아 모닝 차량을 충돌하기 전에 변속레버를 D에서 N으로 움직이는 소리가 들리는지, 기아 모닝 차량을 충돌하고 난 직후에 변속레버를 N에서 D로 움직이는 소리가 들리는지의 확인을 위하여, 제1감정목적물의 해당구간에 상기 “라” 항(추가감정 사항)에서 생성·분석한 음향데이터군의 특성과 동일성을 보유한 발생 음향의 존재여부를 관찰·대조 분석한 바, <참조.fig49,50>



<fig49. 제1감정목적물-spectrogram+log.meter·freq>



<fig50.조건별 시료 음향데이터-Comprehensive acoustic signal>

제1감정목적물의 해당 구간부 상에서는 이 사건의 사고 당시 상황을 일부 재연한 조건하에서 제공 차량의 변속레버를 D->N으로, N->D로 반복 조작하며 샘플링한 “라” 항의 시료 음향데이터 발현특성과의 동일성을 보유한 음향정보가 미확인됨.

제 6 비 고

- 가. 실물 증거물은 미접수되어, 반환 증거물 없음.
- 나. 해당파일 및 파생파일은 차후 보안삭제토록 함.
- 다. 여타 음원에 대한 특징은 당시 음장(音場) 기준의 재연 실험을 통한 대조분석 시도가 필요할 수 있음.

제 7 감정 기간

2023년 6월 30일 ~ 2023년 10월 10일

이상의 감정사항들을 종합하여, 상기와 같이 감정·회보함.

2023년 10월 10일

한국법음향연구소

소장 김 호 식

