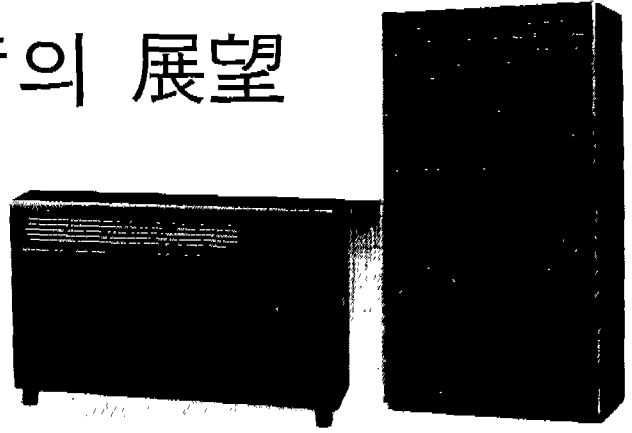


低騒音化技術의 展望



1. 머리말

'70年代 고도경제성장기에 家事의 省力化와 住居환경 改善에 공헌하여 온 가전제품에 대해서 '80년대에 들어와서 소득수준이 向上되고 여가시간이 증대되는 등 사회정세가 변화됨에 따라 기본기능 이외에 質의 向上, 특히 안락함이나 여유 등에 대한 人間의 感性을 만족시키는 快適한 생활환경을 창조하는 기능에 대한 욕구가 해가 갈수록 더해지고 있다.

그 중에서도 製品 사용시에 副次的으로 발생하는 騒音은 “청각”이라는 대단히 예민한 센서에 의해서 누구나가 評價할 수 있고 또한 人間의 감정에 직접 영향을 주는 것으로서 쾌적환경, 이른바 Amenity에 미치는 영향이 가장 큰 要因의 하나다. 따라서 現在는 가전제품 設計時 소음에 대한 충분한 배려가 不可避하다.

소음은 적을수록 좋은 것이나 이의 저감에 있어서는 경제성이라든가 기술적 어려움 및 가전제품을 둘러싸고 있는 주위의 생활소음의 存在를 감안하여 개개의 가전제품에 대한 Amenity 면에서 許容되는 소음 레벨을 명확화하는 것이 우선 필요하다.

이들의 목표 레벨을 달성하기 위해서는 보다 효과적이고 경제성도 높은 저소음화 기술개발이 필수적이다.

본고에서는 Amenity면에서 허용되는 소음 레벨에 대하여 설명하고, 이어서 가전제품의 소음발생源에 대하여 기술한다. 또한 이들 가전제품의 소음을 저감하기 위한 저소음화 기술의 변천과 최근의 動向에 대하여도 概略적으로 說明한다.

2. 家電製品의 許容騒音 레벨

騒音과 관련되는 家電製品의 최근의 市場動向으로는 대용량화와 使用時間帶의 변화를 들 수 있다. 이는 大容量화에 의한 製品의 能力向上에 수반된 騒音 增大와 製品의 早朝·夜間使用 增加에 의한 低騒音化의 要求增大를 의미하고 있다.

또한 大容量화와 低騒音化 대책에 있어서 製品의 치수와 重量의 증가는 일반적으로 허용되지 않고 있는 것이 현실이다.

이와 같은 어려운 상황에서는 家電製品의 許容騒音 레벨(Amenity면에서 허용되는 騒音 레

<표 1> 使用條件別 許容騒音 레벨

| 設定基準 | 騒音 Level dB(A) | 該當製品 |
|--------------------|----------------|-------------------------------------|
| 休息, 睡眠을 방해하지 않음 | 30 이하 | 深夜運轉 冷蔵庫 冷暖房機器(Low) |
| Relax한 感を 방해하지 않음 | 40~45 이하 | 居室에서 連續運轉 冷暖房機器 換氣 Fan, 선풍기 |
| TV 音聲, 會話を 방해하지 않음 | 50 이하 | 居室에서 短時間運轉 電氣 청소기 |
| 電話聽取를 방해하지 않음 | 55 이하 | 居室 이외에서 短時間運轉 Juicer, Mixer, 세탁기 |
| 環境基準(夜間) | 40 이하 부지경계 | 屋外設置機器 冷暖房機器 室外機 |

벨)을 엄밀하게 設定함이 중요하다.

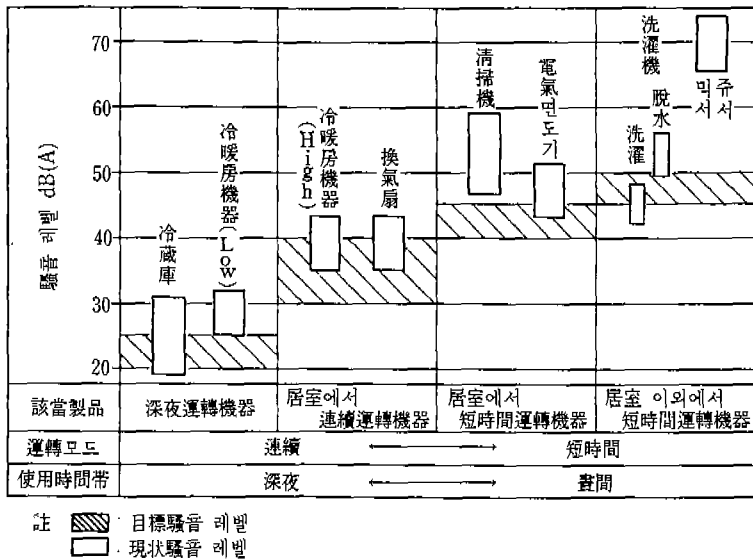
표 1은 騒音 레벨과 인간의 感性的과의 개략적인 관계에 대하여 과거의 研究內容이나 國家의 環境基準을 기초로 家電製品의 사용조건별로 許容騒音 레벨을 정리한 것이다. 표 1에 나타낸 바와 같이 각각의 家電製品이 사용되는 狀況에 따라서 허용되는 騒音 레벨은 睡眠時의 30dB(A) 이하로부터 電話 청취가 가능한 55dB(A)

이하까지 서로 다른 값으로 되어 있다.

이상의 許容騒音 레벨은 실제의 住宅에서 사용되고 있는 상태에서의 騒音 레벨이며, 家電製品의 표시값인 無響室 측정치와 比較하면 室內設置製品에서는 反響의 영향때문에, 5~10dB(A) 정도 큰 값으로 되어 있다.

이 점을 고려하여 製品表示値로 目標騒音 레벨을 설정하고 現狀騒音 레벨과 비교한 결과를 그림 1에 표시하였다. 이 중에는 低騒音 家電製品의 소음 레벨도 포함하고 있으며 거의 目標騒音 레벨에 달하고 있는 것도 증가되고 있다. 다만 電氣청소기나 洗濯機와 같이 早朝·夜間使用이 증가하고 있는 제품에서는 目標騒音 레벨이 5~10dB(A) 정도 주간인 경우보다 낮아지므로 보다 더 低騒音化를 도모하거나 早朝·夜間用의 특수한 運轉 Mode를 준비하는 등의 對應이 필요할 것으로 생각된다.

또한 冷蔵庫와 같이 深夜에 起動·停止를 반복하는 제품은 定常時의 騒音 레벨을 낮추는 것 외에 起動音이나 停止音의 音質改善도 중요하여 Soft Start·Stop과 같은 音質改善에 관한 기술도 重要해진다.



<그림 1> 家電製品의 目標騒音 레벨과 現狀騒音 레벨

3. 家電製品의 騒音發生源

家電製品의 騒音發生源은 發生部品面에서 생각하면 팬, 모터, 冷媒壓縮機, 燃燒器, 릴레이, 트랜스포머, 電磁 밸브, 變速機 기어나 벨트 등이 대표적이지만, 이들을 要因別로 분류하면 표 2와 같이 네 종류로 대별된다.

流體騒音은 流體의 흐름에 의하여 발생하는 소음으로, 代表的 例인 팬 騒音은 날개面上의 流體力이 직접적으로 大氣에 密度·壓力變動을 일으켜 소음이 발생한다. 또 冷媒壓縮機와 같이 내부의 流體力에 의해 壓縮機의 構造部材에 振動을 일으켜 소음이 발생하는 경우도 있다.

電磁騒音은 電磁力에 의해 構造部材가 진동하여 소음을 발생하는 것으로, 모터나 트랜스가 대표적인 例이다. 冷媒壓縮機도 내부에 모터를 가지고 있기 때문에 電磁騒音이 발생한다. 機械的 騒音은 往復·回轉運動의 不平衡力이나 接觸·衝擊力에 의하여 構造部材가 진동하여 소음이 발생하는 것으로, 冷媒壓縮機의 驅動部分이나 모터의 베어링 및 릴레이 電磁 밸브·變速機 등이 대표적인 예이다. 燃燒騒音은 火炎의 熱發生率의 변동에 의해 氣體 일부에 密度·壓力變動이 생겨 발생하는 騒音으로, 가스나 燈油의 燃燒器가 대표적 예이다.

이상의 騒音中에서 팬의 騒音과 燃燒器騒音은 固體의 진동을 개재시키지 않고 발생하는 騒音이기 때문에 部品自體에서의 直接音이 문제가 되지만 이들 이외에 固體의 振動을 거쳐 발생하는 騒音은 部品自體의 構造部材에서 발생하는 소음 뿐만 아니라 조립해 넣는 製品의 몸

<표 2> 家電製品의 主要騒音源

| 騒音源의 種類 | 變動要因 | 代表的 發生部品 |
|---------|--------------|-----------------------------|
| 流體 騒音 | 流體力 | 팬, 冷媒壓縮機 |
| 電磁 騒音 | 電磁力 | 모터, 트랜스, 冷媒壓縮機 |
| 機械的 騒音 | 不平衡力, 接觸·衝擊力 | 冷媒壓縮機, 베어링, 릴레이, 전자 밸브, 變速機 |
| 燃燒 騒音 | 燃燒變動 | 연소기 |

체와 같은 면적이 큰 板狀部品에 진동이 전해져 큰 騒音을 발생하는 일도 많다. 이 騒音을 특히 振動傳達音이라 하여 구별하고 있으며, 加振源인 電磁力이나 機械的 및 流體力의 저감과는 별도로 振動傳達系의 절연이나 減衰對策이 騒音低減에 유효하다.

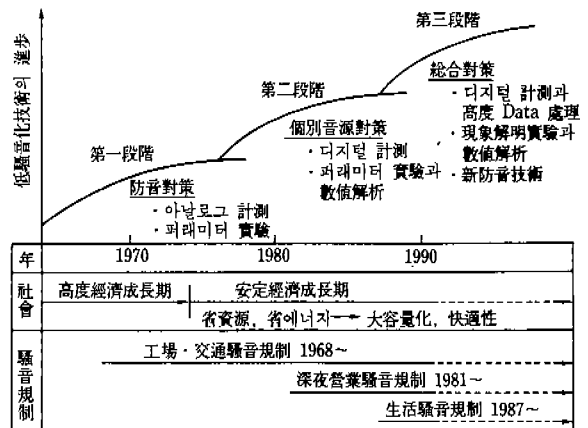
4. 低騒音化技術의 變遷과 最近의 動向

4.1 低騒音化技術의 變遷

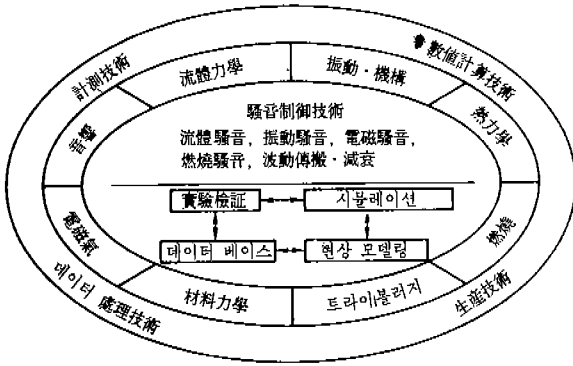
일본에서 低騒音化技術을 본격적으로 연구하게 된 것은 高度經濟成長期의 후반인 60년대부터이며 工場·建設現場 및 自動車를 대상으로 한 騒音規制法이 施行된 1968년 전후부터 특히 활성화되어 현재에 이르고 있다.

현재까지의 電機 메이커 低騒音化技術의 흐름을 크게 구분하면 그림 2에 나타난 바와 같이 3단계로 나누어진다.

第1段階가 工場騒音規制에 대응하기 위한 工場設備機器인 工業用 모터나 팬 등을 主對象으로 하여 소음이나 遮音 등의 防音對策을 중심으로 검토된 시대이다. 이어서 第2段階인 오일 쇼크를 계기로 한 省資源·省 에너지의 安定經濟成長期에 들어가서 가장 효율적인 低騒音化技術인 音源對策에 주목하게 되어 成熟期에 들어간 家電製品을 主對象으로 하여 팬과 壓縮機



<그림 2> 低騒音化技術의 變遷



<그림 3> 騒音制御의 技術體系

등에 대한 研究가 活發해진 시대이다. 다시 快適環境에 대한 의식이 급속히 높아진 수년 前부터는 第3段階로 들어가게 되었으며 개별적인 音源對策단으로는 충분한 對應이 곤란하게 되었기 때문에 綜合的인 대책의 실시가 必要한 시대가 되었다. 개별적 音源對策과 아울러 家電製品과 같은 大量生産品에 맞는 새로운 防音技術의 개발과 製品의 系 全體的 흐름, 振動 및 音의 相互作用의 해명과 그의 最適化 등을 추구하고 되었다. 또한 日렉트로닉스技術을 活用하여 製品의 방식 그 자체를 변경하여 低騒音化를 도모하게 될 것이다.

이와 같이 綜合的인 대책이 필요하게 된 現狀에서는 流體力學, 振動工學, 機械力學, 電磁氣學, 燃焼工學, 音響工學 등의 여러 分野의 기술을 結집하여 검토함으로써 發生源인 流體力學이나 加振力을 저감하거나 騒音의 傳播系나 振動傳達系에서 對策 마련이 필요해진다.

또한 各種 計測技術이나 데이터 處理技術 및 시뮬레이션 技術을 구사하는 것도 効果적이며, 또한 檢討結果를 실제의 製品에 반영시키는 단계에서는 生産技術面에서의 改革이 必要해지는 경우도 많다.

그림 3에 이와 같은 騒音制御의 技術體系를 道示적으로 표시하였다. 結局 광범위한 분야의 技術을 사용하여 綜合적으로 판단하면서 가장

效果的인 檢討에 있어서는 폭넓은 지식이나 多數의 專門分野 사람들의 協力이 필요한 경우도 많다.

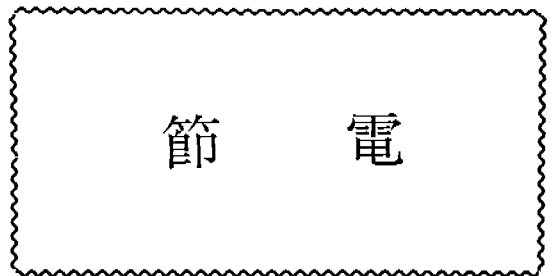
이와 같은 低騒音化技術에 대하여 製品의 低騒音化를 도모할 때 필요로 하는 계측기술과 對策方法別로 분류한 3種의 技術, 즉 音源對策技術, 振動傳達系對策技術, 防音對策技術의 各 기술별로 나누어 최근의 동향을 소개한다.

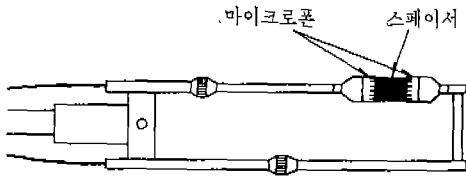
4·2 計測技術

製品의 低騒音化를 위해서는 우선 騒音이나 振動의 特性 파악이 필요하여 이들 信號의 周波數分析이 시행되어 왔다. 아날로그 周波數分析器로부터 高速 디지털 周波數分析器인 FFT (Fast Fourier Transform) 애널라이저로의 變換, 또한 최근의 데이터 處理機器의 급속한 發達에 따른 音響·振動 Intensity 計測法이나 와그너 分布 등의 새로운 데이터 處理手法이 고안되어 騒音發生現象의 解明에 이용되기 시작하였다.

音響 Intensity 計測法은 종래의 마이크로폰에 의한 音壓測定에서는 알 수 없었던 音의 에너지 흐름을 상세히 파악 가능케하는 것으로, 종래의 音壓測定에서는 불가능했던 自動車 室內과 같은 殘響性이 높은 空間에서의 音源探索도 가능하게 되었다.

그림 4에서 나타낸 바와 같이 近接하여 배치한 2개의 마이크로폰 출력을 디지털 필터나 FFT 애널라이저를 사용하여 演算함으로써 音의 세기의 벡터량을 구할 수 있다. 騒音을 발생하는 製品 가까이에서 測定할 수 있기 때문에





<그림 4> 인텐시티 마이크로폰

音源位置와 그 세기를 周波數帶域別로 正確하게 파악하는 것이 가능하게 되어 音源對策을 실시하는 귀중한 情報가 얻어진다.

振動 인텐시티 計測法은 상기한 音源 인텐시티와 기본적으로는 같은 原理로 振動 에너지의 흐름을 측정하는 것으로서, 振動傳達音의 주요 經路의 분석에 效果적이다.

한편, 家電製品의 騒音은 人間の 귀로는 定常音으로 생각되는 音이라도, 예를 들면 冷媒壓縮機 騒音과 같이 보다 詳細히 보면, 一周期の 動作 사이에 몇 가지 原因에 의한 騒音이 서로 다른 타이밍에서 발생하고 있는 경우가 많다. 또 冷蔵庫의 音과 같이 起動·停止音이 문제가 되는 경우도 있다. 이와 같은 騒音의 發生源을 解明하여 적절한 對策을 실시하기 위하여는 音의 瞬時 Spectre 分析이 필요해진다. 종래의 FFT 에넬라이저에 의한 Spectre 分析에는 時間分解能力이 부족하기 때문에 이를 해결하기 위한 手段으로 최근 와그너 分布에 의한 分析이 시행되게 되었다.

이 分析法은 現時點에서는 分析時間이 긴 것과 疑似 Spectre 成分(그로스項)에 의한 誤差를 포함하는 것 등의 결점을 가지고 있으나, 이들 결점을 改善하면서 音후 보다 빈번하게 利用될 것으로 생각된다.

또한 先進한 音響·振動 Intensity 計測法과 와그너 分布에 의한 分析法을 조합한 瞬時音響·振動 Intensity 計測法도 가까운 장래에 利用될 것이다.

4·3 音源對策技術

앞에서 소개한 각종 騒音發生源에 대하여 騒音을 저감하기 위한 검토가 行해져 왔다. 퍼라미터 實驗에 의한 最適形狀의 導出로부터 시작하여 최근에는 상기 計測技術을 究사하여 現象을 해명하면서 개개의 音源對策을 실시하는 方向으로 變하여 왔다.

예를 들면 팬 騒音에 대해서는 發生源이 되는 날개 表面 흐름의 亂調를 最小로 하는 날개形狀의 探求, 燃燒騒音에 대해서는 火炎에 의한 騒音增幅現象이나 燃燒器內 共鳴現象의 해명에 의한 低騒音燃燒器의 개발 등이 시행되어 왔다.

또한 기타의 電磁騒音이나 機械的 騒音 등에 대해서 개개의 現象을 究명하고 그 對策을 강구하고 있다.

또한 機械的 騒音의 중요한 對策으로서 部品의 치수 精密度 향상이 있으며, 이를 위한 生産技術의 새로운 向上은 대단히 중요한 과제이다.

4·4 振動傳達系 對策技術

振動傳達音은 제품의 몸체 表面 등의 騒音發生源과 加振源이 다르기 때문에 加振源과 振動傳達經路의 상세한 파악이나 振動傳達系의 傳達特性을 분명히 하는 것이 低騒音化를 위하여 重要하다.

이를 위하여 前述한 振動 인텐시티 計測法이나 모드 解析 등의 實驗的인 해석뿐 아니라, 컴퓨터를 活用한 여러 가지 數值解析技術이 積極的으로 利用되고 있다. 系全體를 몇 개의 部分構造로 나누어서 有限要素法解析이나 實驗 모드 解析을 실시, 이들을 結合함으로써 全體系의 振動特性을 구하는 部分構造合成法解析이나 어떤 形狀 퍼라미터를 定量 變化시킬 때의 全體의 振動特性에의 영향을 定量的으로 평가하는 感度解析 등에 의하여 振動傳達系의 改善을 신속하고 가장 效率的으로 하는 것이 가능해졌다.

4·5 防音對策技術

騒音源에서 발생한 音을 그 音波의 전파경로 도중에서 消音하거나 遮音함으로써 低減시키는

것을 防音對策이라 한다. 진술한 音源對策이나 振動傳達系對策만으로는 目標騒音까지 저감시킬 수 없는 경우 등에 채용되며 家電製品에는 電氣청소기에 吸收形消音器, 空調機나 冷蔵庫에 사용되는 壓縮機의 冷媒管路內에 噴창·공명형 消音器·壓縮機 자체에서 放射하는 騒音を 저감시키기 위한 遮音 커버 등이 使用되고 있다.

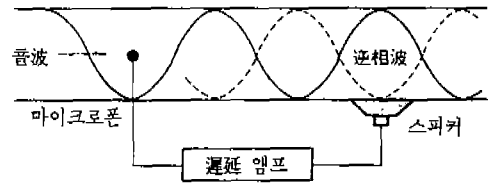
吸收形消音器나 遮音 커버 內에는 音의 에너지를 吸收하는 吸音材가 설치되어 있으며 吸音特性이 좋은 우레탄이나 펠트 등의 부드러운 多孔質材料가 사용되어 왔다. 그러나 케이스 內面에 붙이는 작업이 필요하고 組立性이 나쁘며 品質(減音效果)도 不安定하여 복잡한 형상에 대처하기가 곤란하였다.

이와 같은 問題를 해결하기 위하여 硬質이라도 吸音特性이 좋고 가격도 싼 吸音材를 구하고 있는데 吸音 플라스틱은 이와 같은 요구를 만족시키고 있어 금후에는 많은 家電製品에 폭넓게 利用될 것으로 생각된다. 그런데 吸收形이나 噴창·공명형 消音器는 低周波의 消音에는 신통치 않아서 일반적으로 상당히 큰 것이 필요해진다. 이와 같은 경우의 消音對策으로 최근 Active Noise Control 技術이 주목되고 있다.

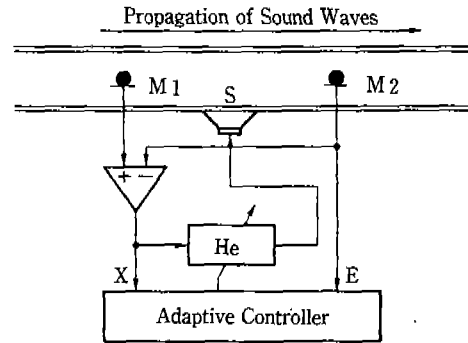
이는 그림 5에 나타낸 바와 같이 發生騒音과 진폭이 같고 位相이 반대인 音을 부가하여 消音하는 것으로, 基本原理는 50年여년 전에 생각된 것이다.

최근 LSI 技術이나 適應信號處理技術의 급속한 발달에 따라 그림 6에 나타낸 것과 같은 次元의 空調 덕트 騒音を 대상으로 한 實用的 시스템도 나타나고 있다. 그러나 適應 디지털 필터 素子を 비롯한 構成部品の 코스트를 생각하면 금후의 코스트 低減을 감안한다 하여도 많은 家電製品에 使用되기는 어려울 것이다.

오히려 吸收形消音器에 의해 어느 정도 대응 가능한 次元問題가 아니고 家電 이외의 제품으로 될지도 모르나 다른 方法으로는 困難한 三次元空間에서 騒音制御에의 應用分野에 중요한 技術이 될 것으로 생각된다.



<그림 5> 액티브 노이즈 컨트롤(ANC)의 原理



<그림 6> 空調 덕트의 ANC 시스템

5. 맺음말

일본은 좁은 國土에 많은 사람이 같이 生活하고 있기 때문에 騒音에 대하여 대단히 민감하며 低騒音化의 요구도 강하다. 따라서 家電製品의 低騒音化技術면에서는 日本이 世界를 리드하고 있는 狀況이다.

현재, 目標騒音 레벨을 달성한 家電製品이 많아지고 있으나, 製品의 大容量·輕量化의 요구에 대응하기 위하여는 실질적으로 보다 더 低騒音化를 도모하여야 한다. 또한 價値의 多樣化에 의하여 극단적으로 騒音が 낮은 製品도 요구될 것이다.

따라서 금후에도 보다 효과적이고 經濟性도 높은 低騒音化技術의 개발이 강하게 요구될 것으로 생각된다.

本稿는 日本 三菱電機(株)의 諒解下에 번역한 것으로서, 著作權은 上記社에 있고 翻譯責任은 大韓電氣協會에 있습니다.