

메카트로닉스技術의 현황과 전망

1. 머리말

메카트로닉스技術은 기계기술과 컴퓨터를 중심으로 한 制御情報技術과의 융합에 의하여 가공장치·조립장치·반송장치·보관장치(자동창고와 같은 것) 등의 生産財의 省力·省人化 및 無人化를 실현하였다. 이로 인하여 生産활동의 高 효율화를 전개함과 아울러 낡은 機械技術을 새로운 것으로 變革하였다. 일본이 공업국으로서 고도성장과 번영을 이룬 것도 메카트로닉스技術의 발전에 기인하는 바가 크다. 이들의 특징은 機械技術 그 자체의 變革에 의하기 보다는 주체가 CNC 技術의 발전에 의존하고 있다고 생각된다.

거품經濟의 붕괴와 더불어 내습한 장기적인 景氣의 低迷는 종래의 단순한 CNC化와 이를 베이스로 한 FMS에 대하여 變革을 추구하고 있다. 變革을 필요로 하는 배경으로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(1) 단지 加工裝置의 CNC化를 베이스로 한 자동화·무인화로는 生産效率 개선의 한계에 다다른 것 같다. 加工現象의 근본에 입각한 가공능력,

가공품질의 혁신이 필요하게 된다.

(2) 第2次産業人口의 감소 및 숙련기능자의 노령화와 감소는 하이테크화된 메카트로닉스技術을 더욱 필요로 하지만 사용하는 사람에게 있어서 쉽게 사용할 수 있도록 하는 것이 더욱 중요하다.

(3) 종래의 FMS를 최종 목표로 하여 추진할 경우 막대한 設備投資費가 소요된다. 기본적으로는 무리한 完全自動化를 지향하기 보다는 사람을 개재시키는 基本機能重視型의 오토메이션이 낭비를 줄인다는 점에서도 바람직하다는 인식이 강해지고 있다.

(4) 아울러 FMS의 톱다운적인 관리방식은 정상적인 量産에는 적합하지만, 실제변경·사양변경·기종변경·생산량변경 등의 변화에는 반드시 플렉시블하게 대응할 수 있다고는 할 수 없다.

대규모의 生産 시스템을 구축하기 보다는 오히려 셀레벨에서 각기의 基本機能(위치결정, 가공, 검사 등)을 自己完結型으로 셀化하고 쉽게 바꾸어 짤 수 있는 유사한 시스템이 보다 더 요구되는 시대로 되어가고 있다.

(5) 종래의 加工方法에서 곤란한 과제가 존재하

고 있던 분야로 이번 “메카트로닉스” 特集의 중핵이 되고 있는 放電加工機 등의 加工機를 主要한 高안으로 運用 확대함으로써 有効한 用途를 찾을 수 있는 可能性이 인식되기 시작하였다.

이상과 같은 背景을 바탕으로 한 課題와 그 可能性에 관하여 현황과 曄후의 전망을 기술하고자 한다.

2. 메카트로닉스技術의 과거 10수년 의 推移

과거 10數年前부터 인구구성은 高學력化·高령化되어 第2次産業人口의 감소가 눈에 띄게 나타남으로써 소수의 노동력을 効果적으로 活用하여 多品種少量生産에 있어서도 生産성을 향상시키는 것이 極히 重要하였다. 이 때문에 作業형태를 頭腦勞動의 으로 구성하여 自動화·無人化를 추진하고 종래의 오랜동안 徒弟的熟練技能에 의존하고 있던 高精度, 高品質 제품에 대하여도 CNC化를 베이스로 한 自動加工 시스템에 의하여 이를 실현할 必要가 있었다. 이것을 具現한 것이 메카트로닉스 製品으로서 머싱센터, 放電加工機, 레이저加工機 등을 들 수 있다.

특히 필자중의 한 사람이 전문으로 하는 放電加工機分野로 말하면 와이어放電加工이 이것을 가장 선명하게 실현하고 있다. 와이어放電加工機는 20세 曄후의 젊은 作業자가 1週間 정도의 연수후, 얼마안가 高精度의 順送拔型이라든가 플라스틱몰드 金型 또는 試作品 등의 가공을 수 μm 정도의 高精度로 실현하고 있다. 게다가 自動화에 대하여 말하면 加工開始用의 작은 구멍을 미리 鑿어 놓으면 야간에 無人으로 와이어를 넣고 설정 와이어가 斷線이 되더라도 自動적으로 修復할 수가 있다. 加工速度는 10數年間에 10數倍(25 → 300mm/min)로 향상되고, 加工精度도 10倍($\pm 20 \rightarrow 1 \sim 2\mu\text{m}$)로 향상되고 있다. 또한 CNC化에 의하여 輪部의 自動가공을 行할 수 있을 뿐만 아니라 잘라낸 것의 排除處理까지 自動적으로 行할

수 있도록 되었다. 여기까지는 주로 메카트로닉스 技術의 성과이다.

그러나 와이어放電加工機는 水中에서의 加工이기 때문에 전해작용이 발생하여 鋼板이나 텅스텐 카바이드 燒結合金 등에 대하여 劣化層이 생기는 결점이 있었다. 이 문제에 관하여 미쯔비시電機(주)는 超高周波電流波形을 응용함으로써 전해작용을 억제하여 劣化層이 실용적으로 무시될 수 있는 新加工法을 개발하였다. 이것으로 拔型이라든가 플라스틱 몰드型의 제작에 혁신을 가져오고 型의 제작납기를 1/10 정도로, 型 제작비용을 1/2~1/3로 하였다. 또 超硬合金型 IC 리드프레임의 제작을 가능케 하였다.

이와 같이 加工技術의 기본적인 技術개발을 行함으로써 혁신적인 메카트로닉스 製品이 생산되어 市場에서 높은 평가를 받고 있다.

다음에 이와 같은 觀點에서 形彫放電加工機를 보면 CNC化에 의한 프로그램加工이라든가 搖動加工, 適應制御加工 등은 크게 進전되었지만 放電加工 본래의 결점인 大面積이 되면 아무리 방전전력을 작게 하더라도 마감면의 거칠기는 精細하게 되지 않고 가공표면에 크랙이나 아크痕 등의 바람직하지 않은 變質層이 생기는 등의 本질적 결함은 해결되지 않은 채로 지나왔다.

그러나 수년전에 도요다工業大學에서 상기한 바와 같은 本질적인 결함을 해석하는 획기적인 연구성과를 얻었다. 즉 실리콘 등의 粉末을 가공액중에 혼입하여 放電加工하면 가공면적이 100 cm^2 정도 넓어져도 鏡面加工을 할 수 있어 이 가공면은 크랙도 아크痕도 생기지 않으며 耐食性도 높아져 耐마모성도 높은 加工表面을 얻을 수가 있다. 미쯔비시電機(주)는 이 技術을 도입하여 제품화하였다.

이 技術개발은 形彫放電加工技術의 오랜 숙원을 일거에 해결한 것이다. 즉 종래에는 放電加工후의 표면에는 硬質의 變質層이 남아 연마작업에 들어가기 전에 제거할 必要가 있었다. 加工素材가 耐熱材料인 경우에는 표면에 크랙크가 생기기 쉽고

그 때문에, 강도가 열화한다든지 부식되기 쉽게 된다. 이 기술개발에 의하여 연마작업은 放電加工만으로 달성할 수 있는 경우가 많고 또한 放電加工할 수 있는 형상이면 복잡한 형상이라도 鏡面을 얻을 수 있다. 즉 자동연마장치로는 연마할 수 없는 부분에 대해서도, 동일한 放電加工機로 鏡面을 얻을 수가 있다. 또 導電性 파인세라믹이나 燒結 텅스텐 카바이드 합금에 대해서도 크래크가 생기지 않는 放電加工이 가능하게 되었다.

이와 같은 CNC化 뿐만 아니라 加工의 본질적 혁신을 취할 製品은 장기적인 景氣低迷의 시기라고 하더라도 강한 수요의욕에 의해 지탱되고 있다.

3. 메카트로닉스技術의 현황과 금후의 전망

미쯔비시電機(주)가 제조·판매하고 있는 메카트로닉스 製品중에서 이번 特集論文이 대상으로 하고 있는 7機種(와이어放電加工機, 形彫放電加工機, 레이저 加工機, 電子빔 加工機, 産業用 로봇, CNC, 金型·板金 CAM)에 대하여 각 기종의 구분, 위치, 하드웨어 구성, 상호관련을 그림 1에 표시한다. 이들 機種에 관계되는 技術의 현황과 금후의 전망에 대하여 아래에 기술한다.

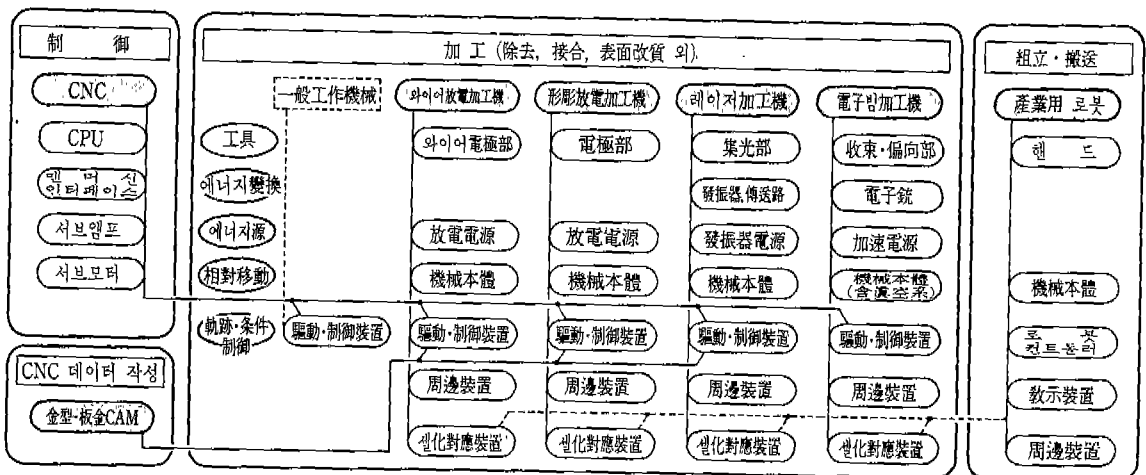
3.1 와이어放電加工機

와이어放電加工機도 形彫放電加工機도 앞의 2장에 표시한 것과 같이 근본적인 과제에 대해서는 일단 대응책이 취해져 있다. 물론 그 工業的成果는 장기간에 걸쳐 관찰하여 개량할 필요가 있지만 현재는 産業界에서 높이 평가받고 있다.

종래 放電加工機는 金型 및 일부의 試作品製作分野에만 사용되었다. 이 사실은 고기능의 放電加工機가 자동차나 전기제품의 量産을 지탱한 것이고 일본의 공업력의 발전을 위하여 참으로 적절한 용도의 것이었기는 하나 금후에는 放電加工의 기본적인 우수한 加工特性을 다른 분야에도 널리 適應시켜 발전시켜 나갈 필요가 있다.

와이어放電加工機의 특징은 高硬度材料(燒入鋼, 燒結 텅스텐 카바이드, 導電性 파인세라믹 등) 및 難切削·難研削材料(티탄 및 특수합금 등)에 대하여 고정도가공이 가능하고 形狀이 복잡할수록 기계적 가공(切削, 研削 등)에 비하여 그 우위성이 증가한다.

한 예로 燒入(퀵칭) 齒車加工을 들면(기계류의 高負荷荷重에 대응하기 위하여 퀵칭 硬化된 齒車가 증가되고 있다), 기계가공 또는 塑性加工 가능한 형태로 齒車를 가공하고 그 다음에 퀵칭을 하



<그림 1> 미쯔비시電機 메카트로닉스 製品의 하드웨어 構成과 相互關聯

지만 켄칭에 의하여 마르텐사이트 變態를 일으키기 때문에 2~4% 정도의 體積膨脹을 일으킨다. 高精度 齒車를 제작하기 위해서는 그 뒤에 齒車 研削을 하지만 제거량이 많으면 研削과 砥石의 탈락이라든가 치수의 감소 등 때문에 研削精度는 향상되지 않는다. 따라서 켄칭한 素材를 와이어放電加工機로 가공하면 그대로 켄칭 齒車로 사용할 수 있는 경우도 많고 또 다시 齒車研削을 필요로 하는 경우에는 除去量이 적고 균일하여 超高精度의 齒車를 얻을 수 있다.

또 難研削材料로 研削砥石이 눈(눈금 보는데)에 한계를 일으켜 研削이 곤란하게 되는 特殊合金이 있다. 이들 合金에 대하여 와이어放電加工이 경제적 가공속도를 이룰 수 있는 用途分野를 개척할 수 있다고 생각된다.

3·2 形彫放電加工機

실리콘 電極 및 실리콘 粉末混入 放電加工의 연구개발에서 출발하여, 放電加工에 의한 金屬材料의 表面改質이라고 하는 개념을 도요다工業大學이 제창하고 있다. 앞의 2장에 기술한 바와 같이 크랙이 발생하지 않는 鏡面을 放電加工만으로 얻을 수 있다. 이 表面은 내식성·내마모성에도 우수하다. 이것으로부터 착상하여 텅스텐카바이드나 티탄카바이드 등의 厚膜 코팅을 金屬表面에 코팅하는 기술을 개발하고 있다. 이 방법은 텅스텐카바이드나 코발트 등의 粉體를 압축성형한 電極을 사용하여 液中放電에 의하여 粉體物質을 對象워크 表面으로 堆積시키는 것이다. 厚膜의 코팅이 가능함과 동시에 溶射 등에 비하여 密着力이 현저히 크다. 또 CVD나 PVD와 비교하면 이것들은 일반적으로 500~1,000℃ 정도의 평균온도 상승을 필요로 하기 때문에 무시할 수 없는 정도의 치수變化를 피할 수가 없다. 放電加工에 의한 처리에서는 放電點의 단시간 高溫은 존재하더라도 평균온도는 낮아 치수變化는 극히 작다. 또 복잡한 形狀에 대해서도 放電加工이 쉽게 적응할 수 있으며

로 부분적인 表面改質에도 적응이 된다.

이와 같이 放電加工에 의한 表面處理·改質은 장래에 金型, 내열기관, 가스터빈, 원자력기기 등의 表面改質에 활용될 가능성이 높다. 放電加工의 加工現象에 바탕을 둔 특성을 表面改質, 表面處理 분야에 확대응용하는 것은 종래의 表面改質 및 處理技術이 이루지 못한 새로운 改質技術의 창조를 이룰 것으로 기대된다. 즉 자동차의 燃費를 개선하고 排氣가스의 有害成分을 저감하는 燃료분사 노즐의 微細加工이라든가, 내열기관이나 가스터빈의 高溫部分의 파인세라믹스에 의한 코팅, 원자력기기에서는 스테인레스 용접부의 耐食性的 혁신적 개량 등에 放電加工에 의한 微細加工이나 表面改質이 기대된다.

3·3 레이저加工機

CO₂ 레이저加工機를 생산현장에 도입한 것은 1980년경의 일이다. 최초에는 試作板金(板두께 3.2mm 이하가 주)의 切斷을 중심으로 하는 用途分野였다. 그 후의 시장구조의 변화, 즉 니즈의 다양화, 제품의 모델체인지 期間의 短期化 등을 반영하여 다품종 소량생산제품의 板金部品를 대상으로 하는 用途分野로 변천하였다. 현재의 板金分野에서는 종래의 拔型 프레스 등의 代替加工機로서 플렉시블한 型레스切斷을 가능케 하는 필수의 公작기계로 되었다. 현재 5,000대 이상의 CO₂ 레이저加工機가 일본 국내의 생산현장에서 가동 중인 것으로 추정된다.

또 근래 수년 동안 厚板(板두께 9~19mm 정도) 切斷分野에 있어서 종래의 가스切斷機나 플라스마切斷機 대신으로 CO₂ 레이저加工機의 도입이 추진되고 있다. 이러한 경향은 厚板을 많이 사용하는 업계(建機·建材·교량·造船 기타)의 組立工法の 변화 즉 조립현장에서의 추가 加工레스화(키트式 組立法으로의)를 반영한 것으로 그 배경에는 기능자 부족에 대한 組立合理化의 목적이 있다고 추정된다.

이상과 같이 切斷用途分野가 대폭적으로 확대되어 왔다. 그럼에도 불구하고 이 발전은 주로 實需先導型的의 加工技術開發을 베이스로 한 전개였다. 현재 加工現象의 기초로 되돌아온 加工技術의 연구개발이 진행되고 있다. 금후의 加工能力, 加工品質의 혁신에 기대를 걸어본다.

또한 레이저 銲接分野의 현시장규모(CO₂ 레이저 加工機 국내시장의 약 10%)는 크지는 않으나, 주된 用途分野인 자동차 관련산업에 있어서 레이저 銲接의 뿌리를 내리기 시작하고 있다. 금후 레이저 銲接을 전제로 한 設計의 혁신, 生産工程의 大幅變更 등에 기대를 하고자 한다.

3·4 電子빔 加工機

電子빔 加工機는 1970년경부터 사용되기 시작하여 자동차기구부품의 적은 歪曲銲接(銲込깊이 5mm 이하), 重工業(원자력 포함)의 超厚板(100mm 급)의 圓패스銲接 등을 주된 용도로 하여 발전되어 왔다. 그간, 銲接의 안정화, 빔의 고출력화, 電極의 장수명화, 銲接센서의 附加, 裝置의 신뢰성 향상, 對象部品の 핸드링 改善 및 眞空排氣時間短縮 등 다수의 技術開發을 하여 현재까지 생산현장에서 필수 高品質銲接加工機로서의 자리를 구축하였다.

또 최근에는 電極의 더욱 장수명화(1,000시간), 銲接의 고속화, 銲込깊이의 안정화 등의 加工機로서의 고성능화·고신뢰성화를 실현함과 동시에 小型化, 低騒音化, 裝置管理의 AI化에 의한 유지보수의 용이화, 加工條件設定·모니터機能의 충실화 등에 의하여 사람에게 친절한 加工機를 실현하고 있다.

電子빔 加工機는 자동차나 중공업의 용접용도 분야에 중점을 두고 발전하여 왔다. 더욱이 電子빔의 微細스폿性, 高速·高精度位置決定 성능 등의 우수한 특성이 지금 재평가되고 있다. 이들의 특성을 이용하여 小物部品の 고속용접·표면개질, 세라믹스의 구멍뚫기, 프린트基板 配線패턴의

마스크 레스레지스트 露光 등의 새로운 用途分野의 확대발전이 기대되고 있다.

3·5 産業用 로봇

産業用 로봇은 최근 수년간 일손부족 해소의 유효한 수단으로서 다방면·다분야에 적극적으로 도입되어 로봇 주위에 周邊裝置를 배치한 스탠드 어론의 셀 시스템으로 구성되어 왔다. 특히 다품종 소량생산에의 대응력 강화가 요구되어, 예를 들면 品種代替 준비시간이라든가 덕트타임의 단축·시스템의 간이화 등 종합적인 生産管理體制의 실현이 요구되어 왔다. 組立 핸드링 로봇은 컨트롤러에 시퀀스 機能을 내장하고 治具 등 주변 장치의 시퀀스 制御도 간접실행함과 동시에 上位 시스템의 FA 컨트롤러와 光데이터링을 거쳐 접속하여 로봇 핸드의 교환, 프로그램의 변경 등 多品種 少量生産라인의 대체준비를 자동적으로 할 수 있는 시스템을 용이하게 구성가능토록 하였다.

또 物流의 自動化를 목적으로 한 팔리타이징 로봇에서는 덕트타임의 단축을 도모하기 위하여 팔리타이즈 作業에서 요구되는 동작범위·동작속도·동작패턴 등을 분석하여 셀 컨트롤러, 積置計劃 소프트웨어, 로봇 핸드, 컨베이어 등으로 구성되는 표준적인 팔리타이징 시스템을 개발하였다. 이들 로봇은 어느 것이나 조작성·신뢰성·안전성 등의 向上 등이 세세하게 기도되고 있으나 금후에도 사용의 용이함을 포함하여 여러 用途에 대응한 技術開發이 필요하다.

3·6 CNC

전술한 1장 및 2장에서 표시한 바와 같이 현재까지 일본의 공업국으로서의 고도성장을 지탱한 기동의 하나로 生産財의 CNC化를 들 수 있다. 生産現場을 숙련기능의존형으로부터 탈피시킴과 동시에 省力化·省人化를 실현시킴으로써 生産効率을 대폭 개선하였다.

최근의 CNC에서는 종래의 32비트 CNC에서 실현한 高速·高精度化 등을 더욱 대폭적으로 향상시키고 있다. 또 制振制御, 원활한 하이제인 制御 등 새로운 서보制御 機能을 부가한 機電一體로 하여 부드럽고 高速의 驅動制御를 실현하고 있다. 또한 대폭적인 薄型化·輕量化를 실현함과 동시에 멀티윈도우 表示를 채용하여 온라인 매뉴얼 機能이라든가 HELP 機能을 부가함으로써 사용의 편의를 도모하고 있다. 또한 加工機의 無人運轉의 長時間化를 CNC側에서 서포트하기 위하여 접속가능한 外部 네트워크의 種類를 증가시키고 있다. 금후에는 制御情報技術의 진전을 베이스로 하여 보다 더한 성능향상, 기능확충 및 강화, 操作의 용이화 등을 추진하여 새로운 가치를 CNC에 부가하여 갈 필요가 있을 것이다.

3·7 金型·板金 CAM

이미 기술한 와이어放電加工機, 形彫放電加工機, 레이저加工機의 CNC 데이터 작성을 주된 목적으로 하여 金型·板金 CAM이 개발 제품화되어 있다. 이 CAM의 기능은 對象워크의 加工圖를 作圖(CAD 機能)하고 그 도면상에 加工經路를 지정하여 여러 가지의 가공조건, 가공 노하우 등을 추가(CAM 기능)하여 CNC에 入力하는 데이터베이스를 生成하는 일이다.

복잡한 形狀의 加工에 대해서는 어떻게 빨리 CNC 데이터를 生成하는가가 기본적인 과제이다. 이 과제에 대하여 각각의 加工機對應으로 金型部品圖, 레이저 매크로 등의 데이터베이스를 짜넣음과 더불어 展開 패턴, 自動 네스팅 등의 기능도 추가하여 대폭적인 시간단축을 이루고 있다.

金型·板金 CAM이 실용화된 지 오래지만 단지 도면작성과 NC 데이터 작성만이 아니라 가공조건·가공 노하우 등의 짜넣음에 추가하여 外部 네트워크와의 結合機器·加工線 管理機器로서의 역할이라든가 加工形狀計測 데이터에 대한 기본치로서의 역할 등에서의 확대 적응이 요망되고 있다.

4. 맺음말

과거 10수년에 걸쳐 生産財의 메카트로닉스화(CNC化)가 급속히 진전되어 産業界에 침투되었다. 이것이 일본이 공업국으로 發展한 중요한 요인임은 명백하다. 그러나 종래의 技術을 단형 CNC化하는 것만으로는 이미 한계에 이르렀다.

生産財로서의 加工機에 있어서는 加工現象 그 자체에 뿌리를 둔 加工의 혁신이 필요하다. 加工의 혁신과 CNC 技術과의 융합이 참된 코스트 퍼포먼스의 우수한 메카트로닉스 製品을 이루게 된다. 이러한 사실은 미쯔비시電機(주)의 와이어放電加工, 形彫放電加工 등에서 명확히 볼 수 있다. 이와 같은 尖端技術의 綜合化는 이것을 사용하는 고객과의 밀접한 정보교환을 필요로 한다. 미쯔비시電機(주) 나고야製作所の FA 커뮤니케이션 센터는 그런 의미에서 중요한 역할을 한다.

첨단기술과 우수한 오퍼레이터의 조합에 의하여 참으로 성능이 좋은 高効率의 오토메이션이 확립된다. 이것이 숙련자 부족, 제2차산업인구 감소를 구제할 수가 있게 된다.

이 論文에서 기술한 放電加工機 등의 加工機 용도를 다른 加工手段에서는 종래 곤란하게 여겨 오던 分野에의 확대에 도전함으로써 혁신적인 技術을 창조할 수가 있다고 생각된다.

일본이 공업국으로서의 力量을 유지 발전시키고 生産의 空洞化를 막기 위해서도 혁신적인 메카트로닉스技術의 創造가 필요하며 또한 여러 사람의 유효한 활용에 의해서만 실현될 수가 있다.

21세기를 맞아 자원고갈, 지구환경 악화 등 地球規模의 문제가 사람들의 일상의 관심사로 되어가고 있다. 메카트로닉스技術은 그 해결을 위하여 유효한 역할을 다할 수 있을 것으로 생각하고 있다.

本稿는 日本 三菱電氣(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.