



해외기술정보

설비공사의 자동화공법의 사례

高砂熱學工業(株) 鹽澤 義登
Yoshitaka Shiozawa

본고는 日本의 建築設備과 配管工事 97年 8月号에 掲載된 內容을 金孝經(서울大 名譽敎授) 博士가 翻譯한 것으로서 無斷으로 轉載하거나 複寫 使用할 수 없음을 알려드립니다. [편집자 註]

1. 머리말

현재 경기가 극히 저조하고, 건설업계에서의 수주와 가격경쟁은 격화되고 있으며 바로「건설업동(嚴冬)의 시대」가 계속되고 있다.

따라서 건축의 일단을 담당하는 우리 설비업계도 극히 심각한 사태에 직면하고 있다. 더구나 이 업계는 3K(더럽다, 힘들다, 위험하다)라고 불리는 직장 환경에서 젊은이들이 쳐다보지도 않고「건설노동자의 고령화」도 진행되어 지금이야말로 이 국면을 조금이라도 타개할 필요에 직면하고 있다.

최근 현장의 품질·안전 순시에 나가서, 수주한 공사를 계약기간내에 완성하기 위해 「설비공사의 공장가공화」가 상당히 침투되어진 것을 통감하였다.

덕트공사에 있어서는 최근 10여 년 사이에 플라즈마 절단가공, 공판플랜지공법, CAD/CAM 등의 적극적인 채용으로 예전에 비하여 각별한

기술혁신이 이루어졌다.

그리고 배관공사는 덕트공사에 비하여 늦어진 상황이며, 공장에서의 배관치수 절단가공 정도는 각 현장에서 실시하고 있는데 프리패브화나 자동용접화를 금후 더욱 추진할 필요가 있다.

그래서 현재 다카사교회사가 진행하고 있는 시공기술혁신 가운데서 현장의 설치공수를 저감하는데 기여하는 신제품의 개발·신공법에 관해서 소개한다.

[사례-1] 플라즈마 배관자동절단기의 개발

[사례-2] 배관용접 전용로봇의 개발

[사례-3] 장내 소운반용 무인반송차의 개발

[장래전망] 공조설비에서의 작업로봇의 개발

2. 플라즈마 배관자동절단기의 개발

(1) 개발의 경위

건축설비배관의 프리패브화를 진행하는데 있어서 공장에서의 생산성 향상을 기함은 필요불

가결하다. 그래서 가공의 제1단계인「배관절단」의 합리화와 절단 길이의 정확도를 높이기 위해서 당사의 시공기술센터와 (주)니시무라의 공동으로「플라스마 배관자동절단기」를 개발하였다.

본 개발의 배경에는 제1로「건설대신관방관청 영선부감수(建設大臣官房官廳營繕部監修)·기계설비공사 공통 사양서(헤이세이 원년판)」에 용접접합방법과 품질의 향에서「접합용접에 있어서는 개선(開先)가공 또는 면가공을 적절히 하며 루트간격을 유지하므로써 충분한 용해주입을 확보한다」라고 명기되어 있다. 따라서 품질 확보와 합리화를 위하여 개선가공을 정확하고 용이하게 할 필요가 있었다.

제2로 공조공사에 있어서 덕트공사와 함께 주체공사라고 하는 배관공사의 CAD/CAM화가 장치 불가결하게 될 것이 틀림없으며, 이것에 대응할 수 있는 기계를 연구 개발하였다. 본 자동절단기의 개념은 다음의 5항목이다.

- ① 절단스피드가 빠르다.
- ② 절단시에 개선(開先)동시가공이 가능하다.
- ③ 절단 길이의 정밀도가 높으며 절단면이 매끈하다.

④ CAD/CAM화의 대응이 가능하다.

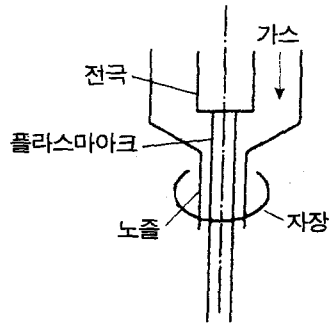
⑤ 조작이 간단하다.

(2) 플라스마절단의 원리

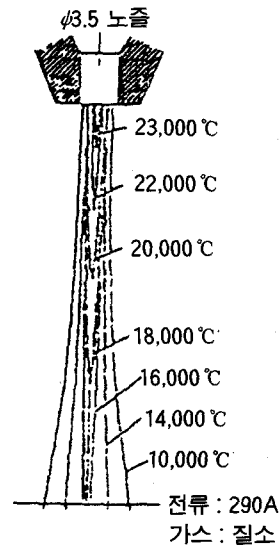
기체의 온도가 상승하면 기체의 원자가 열운동으로 전리(電離)하여 전기가 잘 통하게 된다. 이 상태를 플라스마라고 부르고 있다.

이 플라스마 상태의 기체에 전기를 통하여 아크기둥을 만들고, 동시에 아크기둥 주위를 가스로서 냉각하는 것이며, 에너지가 중심에 집중(묶음)된다. 이것을 용단열원(容斷熱源)으로 하여 가공물을 절단한다. [그림 1 플라스마아크 기둥]

플라스마아크의 경우 아크를 노즐부에서 줄이고 있기 때문에 고온도부가 가늘고 길게 되어 있다. 이와 같이 온도가 높고 보다 좁은 부분을 가



[그림 1] 플라스마아크 기둥



[그림 2] 플라스마아크의 온도 분포

열할 수 있으므로 절단이 용이하게 된다.

(3) 다른 절단방법과의 비교

가스 절단일 때 화학반응이므로 절단 속도는 철이 산화반응속도에 의존하는데, 플라스마 절단에서는 용융절단이므로 공급에너지를 늘림으로써 절단속도를 증대한다. 플라스마절단, 가스절단, 기계절단의 장단점을 [표 1]에 표시한다.

또 기타 열절단방법으로서 레이저절단도 있는데 아직은 초기투자가 높고 판의 두께도 그렇게 두껍게는 절단할 수 없으므로 한정된 사용에 그치고 있다.

그점 플라스마절단은 가격적으로도 충분히 실용레벨에 이르고 있다. 플라스절단, 가스절단, 레이저절단의 비교를 [표 2]에 표시한다.

(4) 플라스마 배관자동절단기의 주사양

본 절단기의 외형도를 [그림 3]에, 주사양을 [표 3]에 표시한다.

구체적인 조작순서를 다음에 표시한다.

- ① 전원투입
- ↓
- ② 파이프 데이터 입력 ← CAD 데이터
↓ (옵션)
↓ ※ 네스팅 데이터 : 300데이터
- ③ 원점 복귀
- ④ 파이프 취부 ← 반송장치로부터 파이프 반송
↓ (옵션)
- ⑤ 파이프 길이 측정 개시
- ↓
- ⑥ 파이프 길이 측정 답반송
- ↓
- ⑦ 절단 개시점에 X축 이동
- ↓

- ⑧ 토치축 하강
- ↓
- ⑨ A축 회전 → 절단 데이터로 회전
- ↓
- ⑩ 절단 개시
- ↓
- ⑪ 절단종료
- ↓
- ⑫ 다음 절단점으로 이동
- ↓
- ⑬ 모든 파이프 절단후 척(chuck)상의 파이프를 반출
- ↓
- ⑭ 다음 파이프를 장착 ← 반송장치로부터 파이프 반송(옵션)
- ↓
- ⑮ ⑤의 동작으로부터 되풀이하여 절단

3. 배관용접 전용로봇의 개발

(1) 개발의 경위

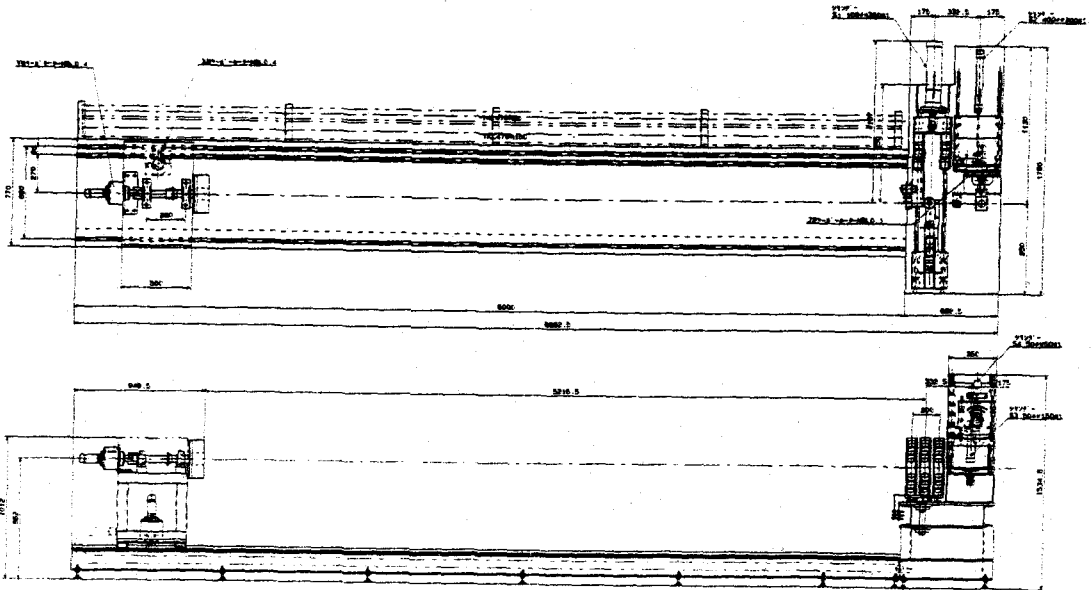
공조설비에서는 아연도금한 강관(백가스관)

[표 1] 각 절단법의 장단점

	플라스마 절단	가스 절단	기계 절단
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 재료에 적용된다 • 절단속도가 빠르다 • 절단형상의 제한이 적다 • 열변형 없이 구속치구를 사용하지 않아도 좋다 • 열 영향부위가 협소하다 	<ul style="list-style-type: none"> • 굽힘각이 비교적 협소하고 개선각도가 작은 절단을 용이하게 한다 • 연강판 3cm 두께 정도까지 절단된다 • 여러개의 토치로 절단이 용이하다 • 절단형상에 제한이 적다 	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 재료에 적용된다 • 절단면의 정밀도가 좋다 • 구속치구를 사용하면 변형이 적다
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 개선각도가 크다 • 실용적으로는 자동기로 150mm 두께 이하, 수동절단으로는 300mm 두께 이하로 제한된다 • 초기 코스트가 높다 • 소모품의 수명이 짧다 • 하나의 절단기로 1~4본까지 사용한다 • 개선절단기에서는 후가공을 필요로 할 때가 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 플라스마 절단에 비하여 절단 속도가 느리다 • 고합금강, 장철, 비금속의 절단은 매우 곤란 또는 되지 않는다 (파우더 절단법은 제외) • 절단 변형이 크다 • 5mm 두께 정도 이하의 박판을 양질 절단하는 것은 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> • 절단속도가 느리다 • 직선이나 단순한 형상의 절단이 외는 되지 않는다 • 강성이 높은 치구를 필요로 한다

[표 2] 각 열절단법의 비교

항 목	플라즈마 절단	가스 절단	레이저 절단
대상판 두께	금속 전반	연강, 저합금강	모든 물체 (광반사율이 높은 물체 제외)
열 변형	적다	크다	매우 적다
절단 부재 정밀도	중간	1mm/m 레벨	0.1mm/m 레벨
절단면 품질	조도, 슬러지만 WES 1급 테이퍼 있음	전부 WES 1급가능	전부 WES 1급가능
끝면 절단 상태	러닝 컷 가능	위치 맞춤 필요	러닝 컷 가능
절단 폭(판두께 6mm)	1.2~3.7mm		0.2~0.3mm
절단 속도(판두께 6mm)	6.000mm/min	650mm/min	1.000mm/min



을 용접 접합해서 사용하는 빈도가 대단히 높다. 백가스관의 용접은 용접업체 전체를 볼 때 일반적이 아니며, 특이한 기능을 요하고 있다. 더구나 용접시에 발생하는 아연증기는 인체에 해로움으로 수용접에는 큰 문제가 내포된다. 수용접은 현상으로서 중고년(中高年)작업자가 하고 있으며, 현장내 배관공사가 안전·효율적으로 시공되고 있다고는 말하기 어렵다.

그래서 공장에서의 자동용접기는 당사와 (주)

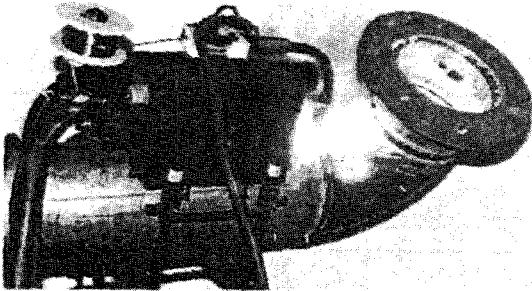
TW니시무라가 공동으로 개발하였으며, 일보 전진하여 현장에서 용접할 강관에 취부할 수 있다. 그 취부 위치도, 횡주관, 수직관에 쉽게 장착할 수 있는 전자식 자동용접로봇을 개발하였다. [사진 1]

적용 관경은 65A~350A이며, 관외주변에 200mm의 공간과 직관부가 500mm이상 있으면 용접이 가능하다. 또 용접불꽃의 비산과 아연증기의 발생이 극히 적고, 보호시트를 병용하면 개

[표 3] 절단기 주사양

적용배관	65A~350A SGP관·STPG40, 백관·흑관
구동속도	
파이프회전이동	Max 105mm/sec
파이프회전	0~119.6°/sec(오차 -0.4°/sec)
절단길이정밀도	±1mm 주)
절단형상종류	직각절단, 편개선절단, 양개선절단, 전개절단
개선각도	0°~30°
전원	AC 3∅200V 30A

주) 모관으로부터 지관 연결 구멍 뚫기, 지관 끝 부분의 말안장형 가공.



[사진 1] 배관용 전자세 포터블 자동용접기(쿨·웰더)

수공사에서도 사용이 가능하다.

(2) 배관용접 전용로봇의 특징

[성능]

- ① 배관의 V형 개선(開先), 루트간격 0~2mm를 1층으로 채워서 마감한다.
- ② 수직배관의 수평용접을 1층으로 채워서 마감한다.
- ③ 파이프와 조인트의 JIS 규격의 허용차에 대응할 수 있다.
- ④ 관의 외경이 진원이 아닌 강관도 관의 모양에 따라서 용접할 수 있다.
- ⑤ 용접 도중 와이어가 부족하게 되어도 와이어의 교환후 재기동버튼으로서 깨끗하게 마감된다.
- ⑥ 용접 품질이 월등하게 좋아진다.
- ⑦ 용접 스파터가 부착하지 않는다.

[가능성]

- ① 파이프 주변에 200mm이상의 간격, 직관부 500mm이상 있으면 용접이 가능하다.
- ② 설치,제거가 원터치이며 1인 작업, 설치 시간도 2~3분이면 OK이다.
- ③ 조작이 간단하다. 조작반의 순차로 점멸하는 램프 부분의 스위치를 누를 뿐이다.
- ④ 용접개소를 자동적으로 5개소, 티칭조작만으로서 자동용접이 시작된다.
- ⑤ 취급은 강습 1일로서 마스터할 수 있다.
- ⑥ 수용접봉의 금속용착율 60%에 대하여 쿨·웰더의 용접 와이어는 90% 이상이다.
- ⑦ 용접불꽃은 아이들의 불꽃놀이용 정도이다.
- ⑧ 설치가 끝나면 양생시트로서 쿨·웰더를 둘러싸므로서 강풍시에도 작업이 가능하다.
- ⑨ 개수공사에도 양생시트로서 쿨·웰더를 둘러싸므로서 불꽃이나 연기를 내지 않고서 작업할 수 있다.

[안전위생]

- ① 고소의 위험작업이 격감된다.
- ② 감전사고가 격감된다.
- ③ 아연용접증기를 마시는 일이 없어지고 진폐문제가 해결된다.
- ④ 화재원인인 용접불꽃이 격감된다.

[경제성]

- ① 논·플랜지(NON FLANGE)공법이므로 배관의 토털코스트를 대폭 삭감할 수 있다.
- ② V형 개선 가공된 65A~350A의 용접을 1층 용접으로 마감하므로 작업효율이 향상된다.
- ③ 배치가 끝나고 자동용접이 시작되면 다른 작업도 겸무할 수 있어서 작업효율이 향상된다.
- ④ 리스계약을 함으로써 1개월의 리스요금에 용접노무비의 겨우 3인공분 정도이다.
- ⑤ 매설배관의 용접작업시의 굴착 깊이가 대폭 경감된다.
- ⑥ 교류용접기에 비해 전기요금이 대폭 삭감



배관용접기

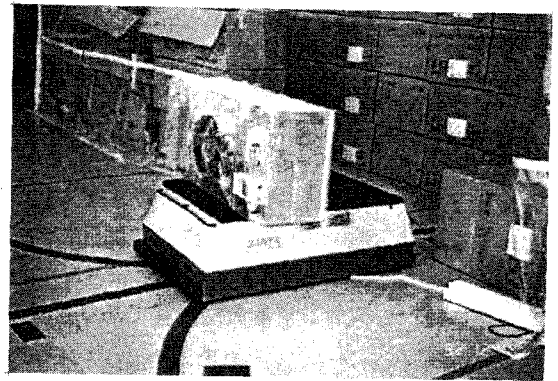
용접전원·제어부

손에 들고 다니는 조작반

[사진 2] 쿨·웰더의 기기구성

[표 4] 쿨·웰더의 주 사양

동 력	제어반 단상200V 10A 용접전원 3상200V 50A
가스사용	CO ₂
토치 본체	10.5kg×180H
용접가능사이즈	65A~350A
용접조건	개선 60° 갭 2mm까지
제어반 치수	380W×600L×420H
용접전원치수	380W×600L×730H



[사진 3] 기자재를 적재하고 시작

각 배관 지름의 용접시간

배관사이즈	용접시간	배관사이즈	용접시간
65A	3분 58초	200A	10분 16초
80A	4분 34초	250A	11분 51초
100A	5분 39초	300A	14분 05초
125A	7분 26초	350A	18분 09초
150A	8분 48초		

된다.

⑦ 용접 스패터가 부착하지 않으므로 그라인더 등의 연마작업이 없어진다.

(3) 배관용접 전용로봇의 주 사양

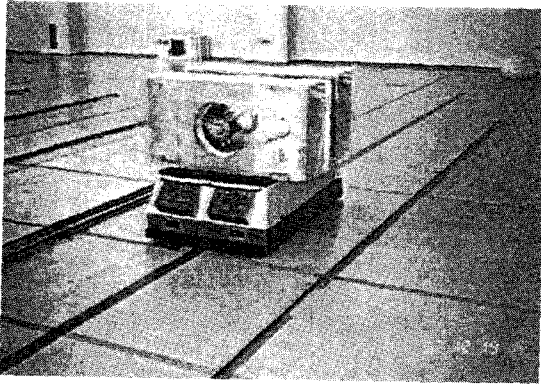
본 로봇의 기기 구성을 [사진 2]에, 주 사양을 [표 4]에 표시한다.

4. 장내 소운반용 무인반송차의 개발

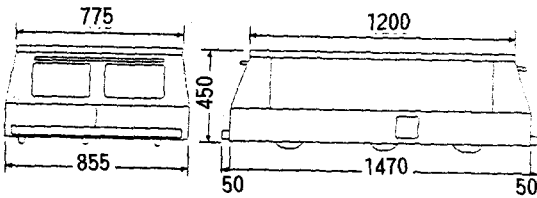
건축현장에서 현장 작업의 생산성 향상의 착안점으로써「양중·장내 소운반작업」,「비계조립·해체작업」,「기자재(機資材) 배치·설치작업」,「정리·청소작업」 등이 있다.

이러한 작업과정중에서 기자재의 물류프로세스의 효율화의 일환으로서 공항터미널, 대형클린룸 등과 같이 1개층의 바닥면적이 크고, 또 평면적동선이 긴 현장용으로서 장내 소운반용 무인반송차의 개발에 착수하였다.

[사진 3]는 시험중의 무인반송차이며, [그림 4]에 기본치수, [표 5]에 주 사양을 표시한다.



[사진 4] 자기(磁氣) 테이프 위를 주행중



[그림 4] 기본치수도

5. 공조설비에서의 작업로봇의 장래 전망

금후 시공기술의 개선은 신제품 개발·신공법의 적극적 활용·프리패브공법의 철저 등으로 진행할 것인 바, 당면 과제로서는 특히「현장작업의 기계화」로서 현장설치공수의 저감에 힘써야 할 것이다. 그래서 다카사고열학공업 회사에서는 우선 덕트공사, 배관공사의 현장설치작업의 성력·성인화에 목표를 두고 작업로봇 등의 연구 개발에 주력하고 있다.

이러한 움직임은 종합건설회사에서도 대동소이하며, 매일같이 어디선가 건설회사가 로봇 개발뉴스를 던지고 있다. 덧붙여서 말한다면 산업용로봇 개발의 역사는 30년, 건설작업용로봇은 10년이라고 하며, 전자는 미국에서 도입한 것에 대하여, 후자는 일본이 세계의 톱주자로서 개발을 진행하는 상황이다.

[표 6]은 공조설비의 작업로봇 예의 리스트이

[표 5] 주 사양

	SANTA 300WB
최대적재하중	300kg
주행속도(무부하)	75m 50m분 자동절환
총차체 사이즈	850m/m×1,500m/m
하대사이즈	750m/m×1,200m/m
하대높이	450m/m
최소회전반경	1,700m/mR 이상
차체 총 중량	130kg
유도방식	유도자계식
배터리	EB-35(50)×2 24V
연가동거리	8km 차지이상
주행방식	스위치백 주행
주행패턴(표준차)	8스테이션에서의 인의정지

며, 평가(기대도)는 현장 담당자의 앙케트 결과이다.

6. 맺음말

건축설비공사의 자동화공법은 생산면(D)의 면 뿐만 아니라 품질(Q)·안전(S)·지구환경(S)의 면에서도 다시 불 필요가 있다.

코스트(C)면의 평가에 관해서는 신공법의 개발 코스트를 수주코스트에 반영할 수 없는 현상에서는 지금 한마디로 결론을 짓는 것은 삼가기로 한다.

그러나 이러한 공법은 실적을 쌓아 올림으로써 각 현장·각 협력회사가 긍정적으로 검토하여 채용의 메리트를 평가하는 시기에 와있다고 필자는 생각한다.

그리고 종래의 공법으로부터 빠질 수 없는 건설회사는 고객의 입장에 있는 품질보증의「ISO 9000 시리즈」의 동향으로부터도 버림받아서 업계로부터 자연 도태되어 버린다.

따라서 스스로도「엔지니어로서 어떻게 할 것인가」를 사내교육장 등에서도 그 전개를 도모하는 것이 바람직하다.

[표 6] 공조설비의 작업로봇 개발의 평가

공사종별	명 칭	코스트	난이도	효과	종합평가	개발우선도
덕트공사	덕트 플랜지 조임 로봇	△	○	○	○	○
	덕트 매칭(위치결정)로봇	△	△	△	△	△
	덕트 조립 로봇	△	△	△	△	△
	기구 설치 로봇	△	△	△	△	△
배관공사	배관 나사 삽입 로봇	△	○	△	△	△
	배관 자동주행 자동용접 로봇	△	○	◎	◎	◎
	배관 플랜지 조임 로봇	△	○	○	○	○
	배관 수압 테스트 리크개소 탐지로봇	△	○	◎	◎	◎
	배관 용접 검사로봇	△	○	○	○	○
	파이프 매칭(위치 결정)로봇	△	△	△	△	△
단열·도장공사	단열 로봇	△	△	△	△	△
	도장 로봇	△	△	△	△	△
	래깅 로봇	△	△	△	△	△
잡공사 기타	덕트내 청소로봇	△	○	◎	◎	◎
	인서트 박는 로봇	△	○	◎	◎	◎
	장내 소운반 로봇	△	○	○	○	○
	바닥 청소 로봇	△	○	○	○	○
	바닥 먹줄치기 로봇	△	○	◎	◎	◎
	천장 먹줄치기 로봇	△	○	○	○	○
	천장 구멍뚫기 로봇	△	△	○	○	○
	자동 주행 풍량 측정 로봇	△	△	△	△	△
	CR 성능검사 로봇	△	○	◎	◎	◎

[筆者紹介]

鹽澤義登

高砂熱學工業(株) 東京本店 技術一部 擔當部長

〒101 東京都千代田區仲田駿河台 4-2-8

TEL : 03-3255-8233 FAX : 03-3253-8529

곧은 도를 지킨 유하혜

유하혜는 노나라의 재판관인 사사가 되어 올바른 재판을 했기 때문에 나쁜 사람에게 무고한 모함을 당해 세 번이나 벼슬자리를 잃었다. 어떤 사람은 유하에게 이렇게 물었다.

「당신은 이렇게까지 모욕을 당하면서도 아직 다른 나라로 가서 일하지 않은 것은 무슨 이유인가?」

그러자 유하혜는 대답했다.

「지금 세상은 도리에 벗어나 있기 때문에 올바른 도리를 지키면서 남을 섬기면 어느 나라에 가더라도 매번 쫓겨날 것이다. 그렇지 않고 만약 바른 도리를 왜곡해 가며 남을 섬긴다면 이 나라에서도 쫓겨나지 않고 오래 그 지위를 지킬 수 있다. 그러니 왜 내 부모가 있는 조국 노나라를 버리고 다른 나라로 가서 일을 할 필요가 있겠는가?」