

초청강연 I

전기투석법(ED)의 공업적 응용

Azuma Isamu

Asahi Chemical Industry Co., Ltd.

1. 서 론

이온교환막은 1950년 미국 Juda등이 이온교환수지를 부수어 sheet상으로 만든 것이 최초이다.⁽¹⁾ 그후 세계 여러기업에서 정력적으로 연구개발되어 왔다.

Asahi Chemical Industry Co., Ltd.(이하 ACI)는 1951년부터 이온교환막 및 전기투석기술의 연구개발을 시작하여 1961년에는 세계 최초로 연산 50,000톤의 식염 Plant의 상업운전을 Hukushima현 Onabe에서 개시하였다. 현재 ACI의 이온교환막 전기투석기술을 이용하여 일본에서 630,000톤/년⁽²⁾, 한국에서 150,000톤/년, 대만에서 100,000톤/년의 식염을 생산하고 있다.

ACI는 이온교환막 전기투석에 의한 Brackish water로부터 음료수제조에 일찍이 착안하여 많은 실적을 가지고 있다. 현재 Tokyo도 Ohshima에서는 3,000m³/day, 1,500m³/day의 2기의 대형 Plant가 운전중에 있다. 이온교환막 전기투석법에 의한 음료수의 제조는 『안전하고 맛있는 물』을 얻을 수 있는 『Cost performance가 뛰어난 기술』로서 높이 평가되고 있다. 앞으로 원격 도서지방에서 음료수를 확보하는 수단으로서 큰 기대가 모아진다.

이온교환막 전기투석법은 종래부터 식품분야에 있어 응용예가 많다. 유업·유청(유장)중의 회분제거, 당업·폐당밀중의 회분제거, Wine중의 주석산 칼륨(Potassium tartaric acid)의 제거 및 감염장유(저염간장)의 제조 등이 잘 알려져 있다. 최근에는 이것에 더하여 기능성 식품의 제조, 발효 및 생화학분야에서 염분과 아미노산의 분리, 아미노산 Control 등에 널리 쓰이고 있다.

여기서는 지금부터 최근의 응용예를 압축하여 소개한다. 또 참고로서 Tokyo도 Ooshima의 Brackish water로부터의 음료수제조 Plant의 실적성능을 소개한다.

2. 전기투석에 사용되는 이온교환막

2-1. 이온교환막의 종류

현재 시판되고 있는 이온교환막의 종류는 Table-1과 같다.

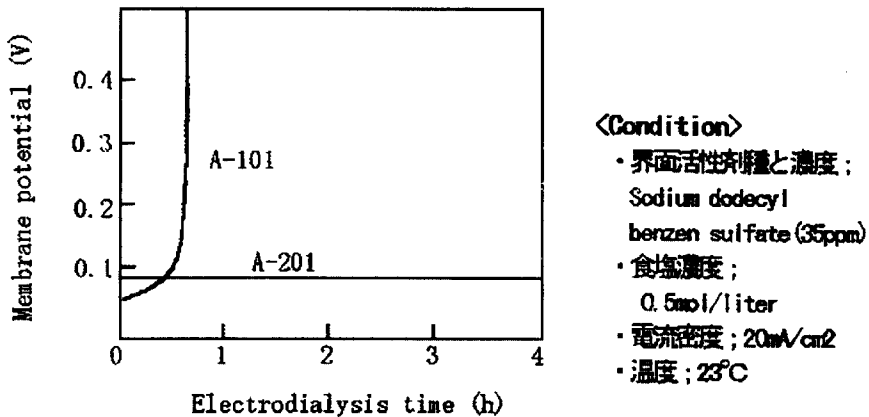
<Table 1>

소 재	교환기종	교환기 배치	기 타
· Styrene계 · Fluorine계 · Cellulose계 · Poly sulfonic계 · Phenol계	· 음이온교환기 4급 Ammonium기 2~3급 Ammonium기 · 양이온교환기 Sulfonic acid Carbonic acid	· 균일 · 불균일 Coating상 Mosaic상 Bi-polar	· 보강재 (PVC, PP) · Binder

2-2. 이온교환막의 선정

전기투석용의 이온교환막을 선정할 때 고려할 점은 수율이 높을 것, 전기 저항이 낮을 것, 용질의 확산이 적을 것, 용매의 침투가 적을 것, 화학적 안정성이 클 것, 기계적 강도가 클 것, 치수안정성이 좋을 것등을 들 수 있는데 각각의 사용목적, 사용조건 하에서 최적의 것을 선택한다. 특히 유기오염이 걱정될 경우에는 내유기오염막을 선정하는 것으로서 복잡한 세정설비들을 설치하지 않고 유기오염을 피할 수 있다. Fig.-1.은 통상 Anion막(A101)과 내유기오염 Anion막(A201)의 계면활성제 함유액에서의 전기투석 결과를 나타낸다.^{(3),(4)}

<Fig. 1>

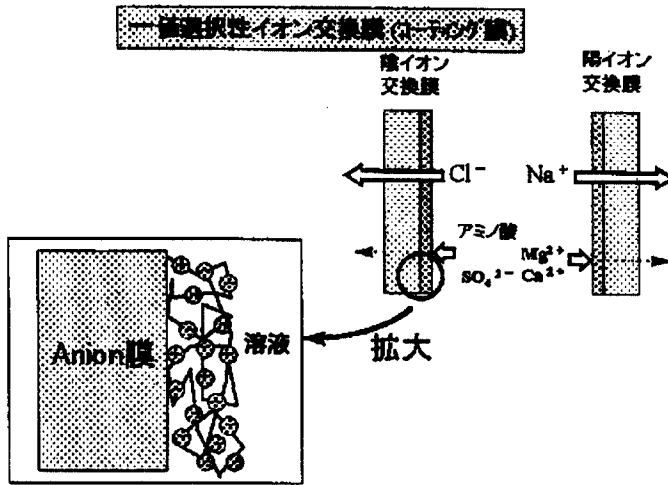


Influence of Organic Contaminant on Performance of A-101 and A-201 membrane.

2-3. 1가선택성 이온교환막

식염 등의 무기염과 아미노산의 혼합계에서 식염만을 제거하는 공정에서는 특수처리한 Anion막을 사용하여 유용한 아미노산의 회수율을 향상시킬 수 있다. Fig.-2.에서 대표적인 모델을 나타낸다.

<Fig. 2>



3. 전기투석법(ED)의 기초지식

3-1. 전기투석법의 응용형태

전기투석법(ED)를 공업기술로서 응용할 경우 그 응용형태를 크게 나누어 이온의 분리(탈염, 농축), 이온치환의 2개 영역으로 나누어진다. 또 이것 이외에 Bi-polar막을 이용한 새로운 기술이 있는데 이에 대한 설명은 다음 기회로 미루겠다.

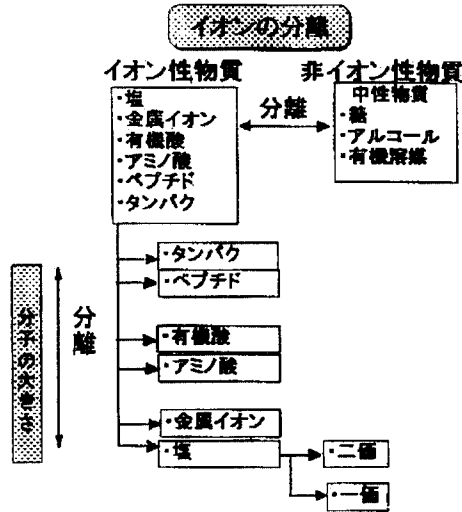
① 이온의 분리(탈염, 농축)

이온교환막 전기투석에는 전하의 유무, 이온의 가수, 분자의 크기(Sieving effect)로 그 분리성을 나타낸다. Fig.-3.에 대표적 예를 나타낸다.

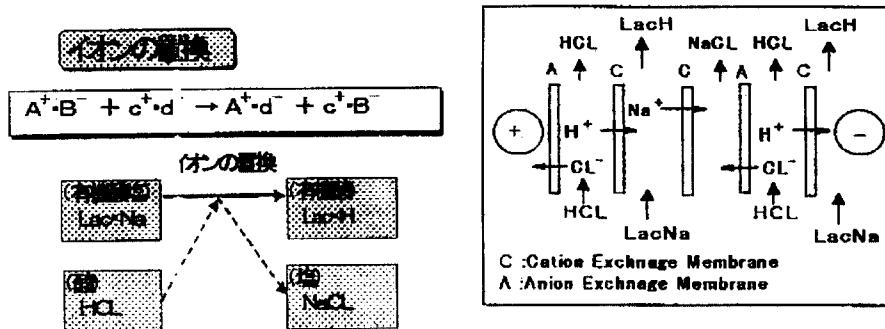
② 이온치환

이온치환은 복분해의 일종이다. 종래는 이온교환수지법에 의해 이루어져 왔는데 이온교환수지법에서는 『이온교환수지의 재생시에 대량의 고농도 폐수 발생』이 문제로 되고 있다. 이에 비하여 이온교환막 전기투석법은 이러한 폐수가 발생되지 않으므로 장점이 크다. Fig.-4.에 유산염으로부터 Free-유산 제조하는 예를 나타내었다.

<Fig. 3>



<Fig. 4>

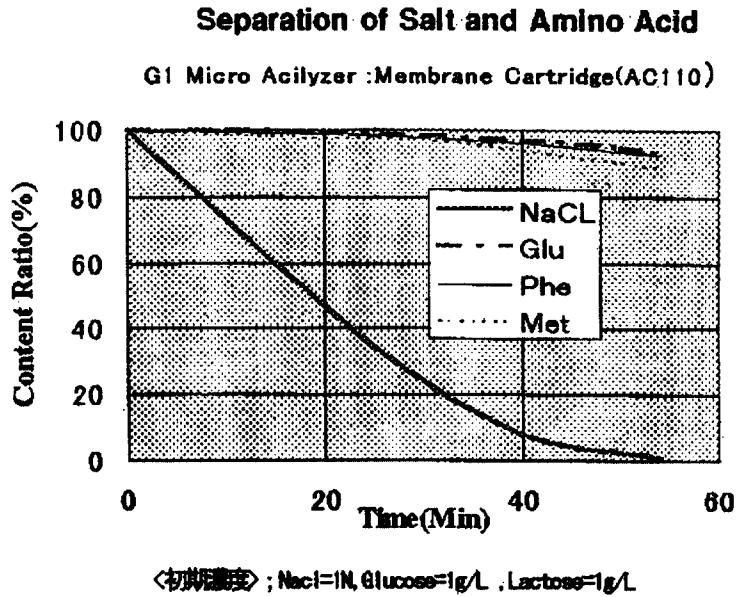


4. 전기투석법(ED)의 기초적 분리특성

ED를 이용한 분리능의 기초적인 실험 Data를 나타낸다. 각종 용액중으로부터 탈염, 탈아미노산, 탈유기산이나 아미노산회수 등 탈염을 행할 수 있다. 이하의 기초 Data는 ACI제 Micro Acilyzer를 이용하여 Sample을 Batch처리로 일정전압하에서 탈염(탈아미노산)을 행하였을시의 탈염양상이다.

4-1. 염과 중성물질의 분리

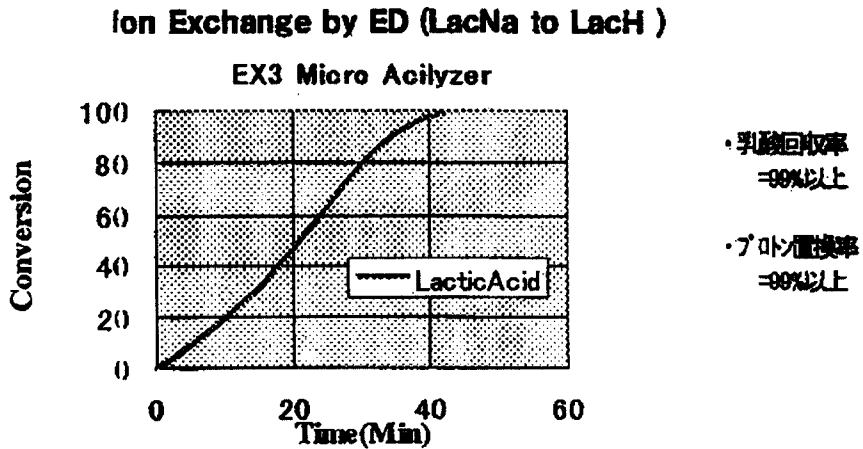
<Fig. 5>



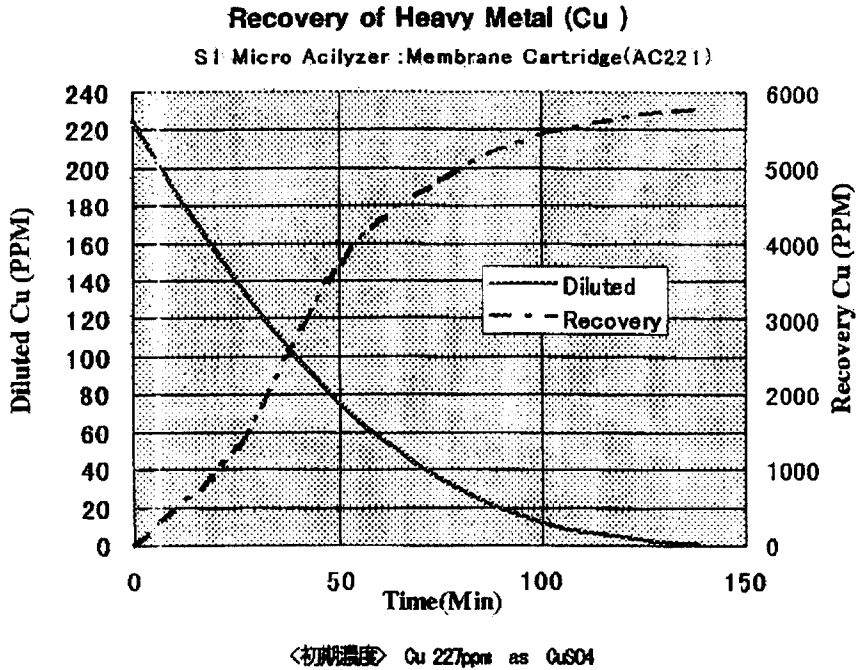
4-2. 이온치환

유산나트륨의 Na'을 Proton으로 치환하여 유산을 제조할 수 있다.

<Fig. 6>



<Fig. 7>



4-3. 중금속의 회수

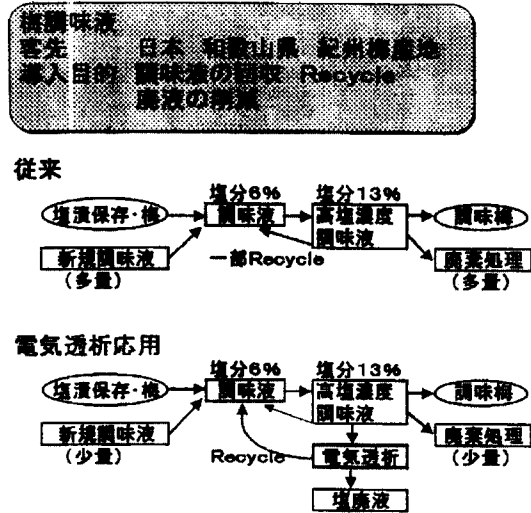
앞의 Fig.-7에서와 같이 중금속의 제거나 농축회수가 될 수 있음을 알 수 있다.

5. 전기투석법(ED)의 구체적 적용예

5-1. 매실조미액

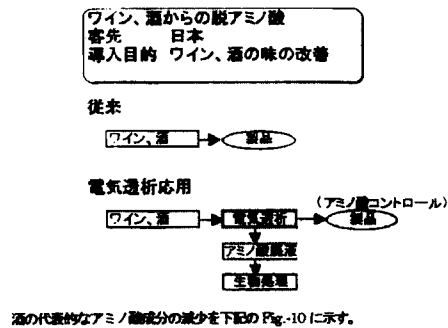
일본 Wakayama의 Kishu에서는 옛날부터 매실의 산지로서 매실을 조미액에 담가서 부가가치를 높이는 우매보시(매실장아찌)를 출하하고 있다. 조미액은 고가이므로 회수하여 재이용하면 경제적으로 큰 이득이 있다. 또 동시에 높은 COD를 함유한 폐액을 저감시키게 되어 환경에도 부하를 줄일 수 있다. 체의 Flow sheet 및 전체적인 Mass-balance는 다음과 같다.

<Fig. 8>



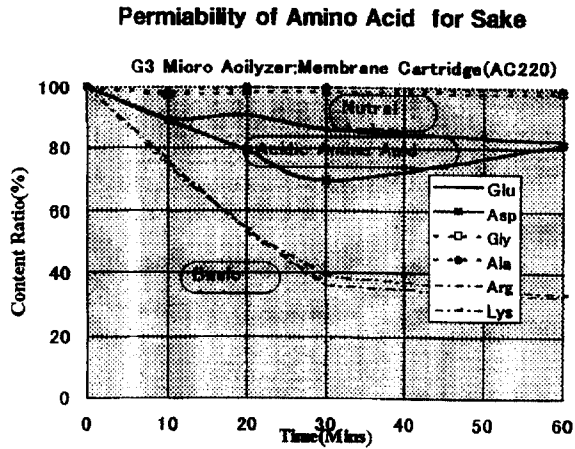
5-2. Wine, 술의 아미노산 조정

<Fig. 9>



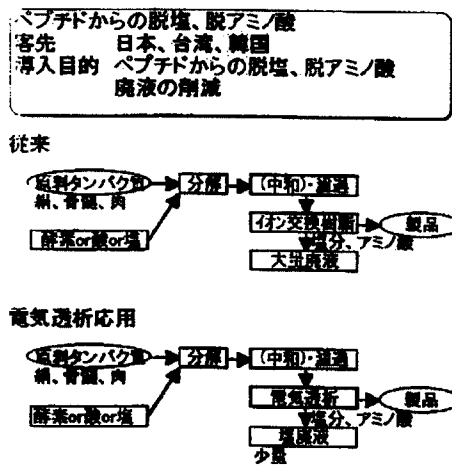
술에 포함되어 있는 대표적인 아미노산의 성분의 감소를 Fig.-10에 표시하였다.

<Fig. 10>



5-3. 펩티드로부터 탈염, 탈아미노산

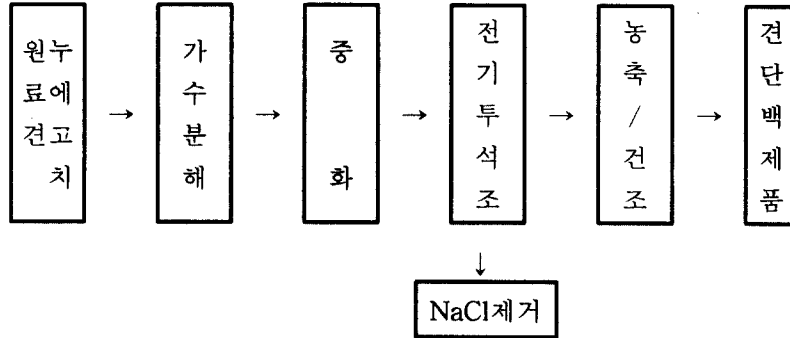
<Fig. 11>



5-4. 건단백질의 제조

양질의 단백질을 다량으로 함유하고 있는 건단백질은 건강식품, 화장품등의 원료로 많이 쓰이고 있다(Fig.-12). 일본, 한국에 많은 납입실적이 있다.

<Fig. 12>



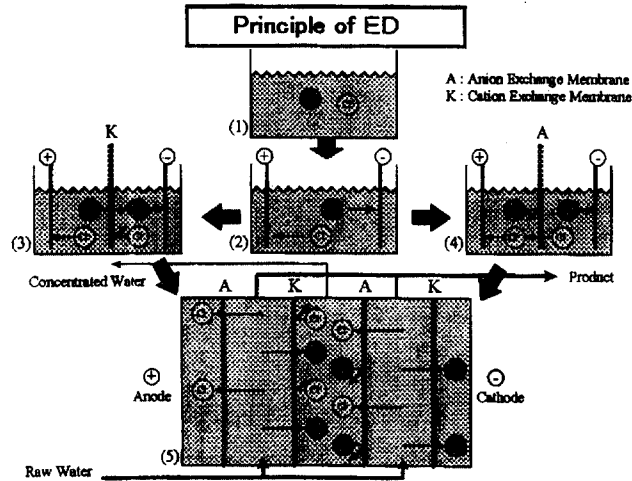
6. Tokyo도 Ohshima Plant의 실적성능

Table 2에 Ohshima Kitanoyama Plant의 실적성능을 나타내었다. Kitayama Plant의 설비내용은 다음과 같다.

<Table 2>

Production Rate		(m ³ /day)	2,610 (at 1,200ppm TDS Raw water)
Product water	TDS	(ppm)	440
	Chloride	(ppm)	145
	pH	(--)	6.8
Electric Unit Consumption	Electrodialyzer	(KWH/m ³)	0.10
	Moter power	(KWH/m ³)	0.65
	Others	(KWH/m ³)	0.02
	Total	(KWH/m ³)	0.77
Chemical Unit Consumption		L-98%H ₂ SO ₄ /m ³)	0.02
Raw water Recovery ratio		(%)	87.0

7. 참고 : 전기투석의 원리



8. 참고문헌

- 1) Juda W. McRae, W. A. , J. Am. Chem. Soc. 72, 1044(1950)
- 2) Hamada M., Azuma I., Imai N., Ono H., "Advances in Electrodialytic Membrane Process Technology for Table Salt Production", presented at the 7th International Symposium on Salt, Kyoto(1992), paper to be public in spring 1993.
- 3) 福原考次, 浜田正人, 東 勇, 「電氣透析によるかん水の脱鹽」, イオン換の工業的應用第2集, 159, 日本海水學會(1993)
- 4) M. Hamada, 「Desalination & Water Reuse」 Vol. 2/4(1992)