

# 간척지 제염에 관한 시험(II)

—개거에 의한 제염효과 시험—

Studies on the Desalinization in Reclaimed Tide Lands (II)

—by the Open Conduit—

정 두 호  
Doo Ho Jang

김 현 철  
Hyun Chul Km

## Summary

This research was attempted to study on the effects of desalinization by the depth and interval of open conduit in Kang-Hwa polder where is located at the Kil-sang Myun, Kang-Hwa Gun, Kyung-gi Do, and it has been continued for the three years from 1967 to 1969.

The results obtained are as follows:

1. The depths of saline expulsion by supplying of irrigation water are approximately 30 cm to 50 cm under the ground surface, but saline expulsion is hardly done in case of the depth which is deeper than the above mentioned, because the moisture and saline content hardly change in such a condition.

2. The speed of vertical percolation gradually decreases below the 30cm depth, but it is noticed that there is a tendency to make the percolation of the horizontal direction from its layer in Kang-Hwa reclaimed tidal land.

3. Comparing experimental treatments-varing depths and intervals of open conduits, the interval of open conduit has a more effect upon the promotion of desalinization and increasing of the rice yields than the depth of it. Therefore, according to the results of experimental data, the optimum depth of open conduit is about 0.9 m, the effective interval of it is about 18m.

4. Considering the loss of arable area by the layout of open conduit, the reasonable interval of it could extend to 36 m.

## I. 서 론

간척지(干拓地)의 입지적 조건이라고 하면 첫째로 간만(干滿)의 차가 크고 바람이나 파도에 의해서 구조

물에 큰 피해를 주지 않는 곳 또는 풍부한 관개용수를 쉽게 얻을수 있다든가 간척 예정지의 토성이 농지조성에 적합하다든가 하는 요인들을 말할 수 있겠으나 무엇보다도 크게 좌우되는 조건은 짧은 제방(堤防)으로 대면적을 포용(包容)할 수 있는 곳이어야 한다.

그런데 일본과 같은 나라에서는 포용면적 10a 당 제방의 길이가 3m 이상 6m로 추정하고 있는데 반하여 우리나라는 1m 내외이므로 양호한 조건을 구비하고 있는 편이라고 할 수 있다. 그러므로 과거에는 정부당국의 보조에 의한 자조근로사업이라든가 또는 많은 농토를 소유하고 싶은 농민들의 간절한 욕구에서 간척사업에 대한 관심이 한동안은 컸었던 것이 사실이나 최근에 와서는 이 사업이 비교적 부진하여진 경향이 있다고 보겠다. 그 원인으로는 간척사업이라는 것이 많은 공사비와 노력을 지불하여야 하는데 비하여 그 투자효율이 낮다는 것이 근본적인 이유가 될 수 있는데 이는 간척지의 효과적인 개발방안이 아직도 모색되지 못하였다는 사실과 우리나라 대부분의 간척지가 그리 하듯이 집수유역면적(集水流域面積)이 적어서 개발에 필요한 관개용수가 부족한데 기인하고 있다고 볼 수 있고 또 하나의 원인은 간척지의 토성이 일반적으로 해안에 침적(沈積)된 Silt loam으로 구성되어 있기 때문에 자연적인 조건만으로는 신속한 제염이 불가능하다는데 있다.

그러므로 앞으로는 간척지 개발용 용수원을 그 유역 내에서 집수되는 용수에만 의존할 것이 아니라 큰 강이나 하천으로부터 물을 도수하여 용수를 공급하는 방안을 모색하여야 함은 물론 적절한 제염공법을 구명해야 함이 절실히 요구되고 있는 실정이라 하겠다.

이와 때를 같이 하여 식량문제의 한 해결방안으로 F. A. O(Food and agriculture organization)에서 Netheland의 NEDECO로 하여금 우리나라의 간척지 토성조사를 실시하도록 하여 처음에는 목포 영산강 유역을 중심으로 간척지 실태조사 및 개발을 실시하였고

\*농림부 농공이용연구소

1963년 부터 1966년 까지는 경기도 강화군 길상면 초지리에 위치한 강화초천지를 간척시범농장으로 선정하여 개거(open conduit)에 의한 제염효과 시험을 실시함과 동시에 벼를 비롯하여 각종 내염성 전작물 선별시험을 실시하여 오다가 그들의 사업기간이 만료됨에 따라 사업을 계속하지 못하고 돌아간후 우리나라 정부에서 인계를 맡아 당 연구소로 하여금 인수토록 한바 있어 당연구소에서는 이 시설을 되도록 그대로 활용하여 애당초 계획한 개거(open conduit)에 의한 제염시험의 결론을 얻고져 본 시험을 시도하게 된 것이다.

이미 당연구소에서는 간척지의 제염에 대한 연구를 공법에 따라 시험한 바가 있으며 특히 본 연구에서는 주로 간척지에서 개거에 의한 제염효과 및 개거시설을 위한 개거의 깊이와 개거간의 간격에 따른 시공기준을 구명토록 하고져 하였다.

## II. 연구사

간척지에 제염을 실시할 목적으로 개거(open conduit)를 시설하여 시험한 성적은 국내는 물론 외국에서도 실행한 예가 드물다.

그러나 개거에 의한 배수나 제염은 그 기능상으로 볼 때 암거배수(under drainage)와 동일한 것이므로 암거배수에 대한 이론 및 발달과정을 참고로 했다.

1934년 Neal은 평탄한 지대에서 암거의 깊이와 간격에 대한 실험공식을

$$d = \frac{17.5}{Me^{0.5}} \quad S = \frac{12,000}{Me^{1.6} Rd^{1.43}}$$

으로 발표한 바 있으며 1952년 Virginia에서 Walker는 간격 공식을

$$S = (y_0 + y) \tan \theta$$

로 발표하였고<sup>(4)</sup>, 1954년 Visser는 암거밀의 불투수층 위치를 고려한 실험공식을 제안 하였는데, 이는 불투수층의 깊이가 암거중앙부에서 지하수위의 높이(y)보다 100배 또는 그 이상으로 밑에 떨어져 있을 때는

$$S_m = 2y \left( \frac{K}{D_{cm}} \right)^{1/2}$$

이고, 불투수층의 깊이가 100y 또는 그 이하로 밑에 떨어져 있을 때는

$$S_m = \left( \frac{8kiy}{D_{cm}} \right)^{1/2}$$

로 발표한 바 있는가 하면<sup>(5)</sup>, 1954년 Carifonia에서 Donnan에 의해서 제안된 실험공식은

$$D^2 = \frac{4K(b^2 - a^2)}{q}$$

로 발표한 바 있다<sup>(1)</sup>.

한편 일본의 "다나까"(田中貞次)는 암거의 깊이를 25m로 할 경우에 암거의 간격을 토양별로 구분하여 습토에서는 10~14m로 하고 양토에서는 14~20m, 사토의 경우는 20~24m로 제안 하였다<sup>(6)</sup>

또한 Fridrich가 실험을 통하여 발표한 바에 의하면

깊이를 1.25m로 할 경우 간격은 보통 8~30m가 적당하다고 하였으며<sup>(10,11,13)</sup>, G.W Pickel은 증점토질 토양에서 깊이 0.60m~0.75m로 한다고 하였고 간격은 보통토양에서 16~33m로 규정하였다. 여기서 16m이하로 하는 경우는 특수작물 이외는 경제적으로 불리하며, 반면 넓은 지역에서는 50~60m로 함이 좋다고 하였다.

그리고, C. G. Elliot는 증점토에서 암거의 깊이를 0.6m~0.75m, 간격은 27.0~36.0m로 제안한 사실이 있다<sup>(10,11)</sup>.

## III. 재료 및 방법

### 1. 시험포장 토성조사

시험포장내에는 균일한 간척지 퇴적층으로 Sand 2% silt 78% clay 20% 토 양구조의 발달이 없으며 침식에 약한 남은 점성을 가지고 있다.

<표 1> 토양 입도 분석

구분	2,000~200μ	200~50μ	50~20μ	20~10μ	10~2μ	<2μ	토성
0~25cm	1	1	46	21	16	15	silt
25~50 "	1	1	48	17	17	16	"
50~100 "	1	1	63	7	13	15	"

<표 2> 토양의 물리적인 성질

구분	고상(固狀)	액상(液狀)	기상(氣狀)	가비중	투수도	P.H
15cm	50%	32%	18%	1.23	cm/hr 0.08	7.3
50cm	50%	32%	18%	1.53	0.01	7.9
80cm	50%	32%	18%	1.46	—	7.8

### 2. 시험 방법

가. 침투도시험

관개용수가 토양중으로 침투하는 침투속도 및 토양함수량 변화에 따른 토양염도변화를 조사할 목적으로 시험포장에서 실시한 것이다.

이 시험은 Double Ring을 사용하여 3가지로 시행하였는데 Inner Ring은 지름(Diameter)을 50cm로 하고 Outer Ring은 70cm로 하였다.

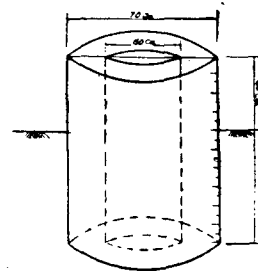


그림 1. 침투시험 측정기

측정기간은 Ring I에서는 6일 Ring II에서는 15일 Ring III에서는 24일간의 침투량을 매일 조사하였으며 토층에 따르는 토양함수도(moisture content)와 전기전도도(electrical conductivity)를 시험 전과 시험후에 각각 측정

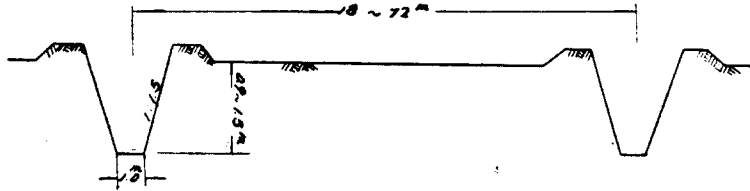
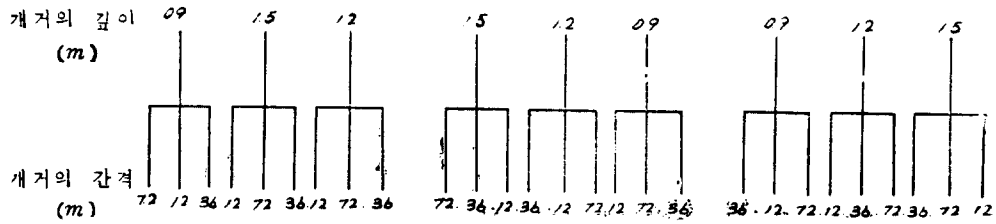


그림 3. 개거 단면도

하여 비교하여 보았다.

나. 포장시험.

개거의 깊이와 개거간의 간격에 따른 제염속도를 조사하기 위하여 9처리 3반복으로 분할구(split plot) 배치하였다.

다. 토양시료채취

토양시료 채취는 길이가 1.2m 정도 되는 철제(鐵製) 나선형 오-가(Auger)를 사용하였으며 채취시기는 수도의 생육시기에 따라 실시하였다.

라. 시험포장 관리

시험포내에는 수도"진홍"을 공시품종으로 하여 작물 시험장 표준재배법으로 경작을 하였다.

마. 토양염도 측정

토양시료를 dring pan에 넣어 천일건조(天日乾燥)를 시킨다음 mortar(약절구)에 넣고 pestling을 하여 최종적으로 oven에서 완전건조를 시켰다.

이렇게 해서 얻어진 건조토 50g와 증류수(distilled) 250cc로 1:5의 용액을 만들고 전기전도도로 측정기(electrical conductivity meter)로 염도를 측정하였다.



그림 3. 토양염도 측정

#### IV. 시험 결과

1. Leaching Test 로 인한 물의 침투속도와 토양함수도와와의 관계

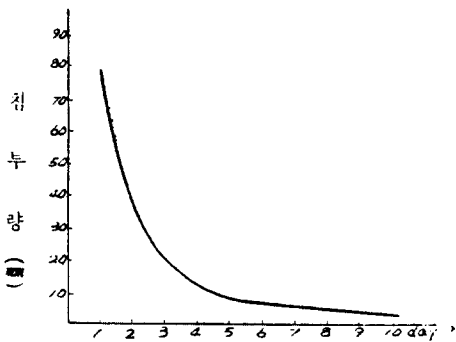


그림 4. 물의 토양침투속도

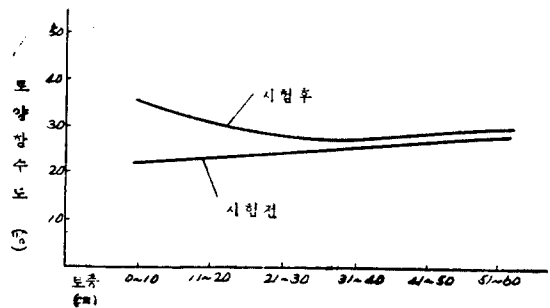


그림 5. Leaching Test 와 토양함수도변화



도 변화

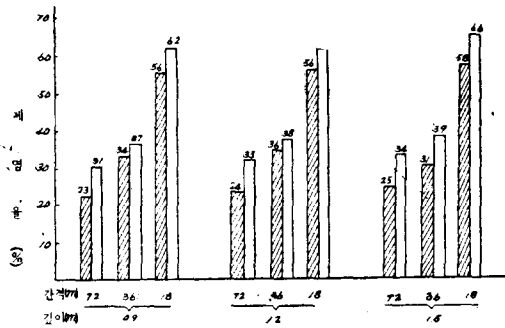


그림 7. 각처리별 제염을 비교

그림 7에서, 2년차 제염량은 본시험을 시작하기전인 1967년 6월달로부터 1968년 9월까지 감소된 토양염도를 말하며 3년차 제염량도 역시 당초의 토양염도로부터 1969년 9월까지 감소된 토양염도를 나타낸 것이다.

<표 3> 처리별 수확량 비교

처리내용	총 수확량		지수	개거로인한 손실면적	순수량 (정조)	지수
	간격	(10a당 정조)				
0.9m	18	282.3kg	133	27.7%	204.1	96
	36	249.8	117	14.8	212.8	100
	72	212.5	100	9.6	192.1	90
1.2	18	296.9	150	29.2	210.3	106
	36	259.5	131	16.8	216.0	109
	72	197.4	100	10.2	177.3	90
1.5	18	334.5	165	34.9	217.8	108
	36	270.1	134	19.4	217.7	108
	72	202.0	100	12.6	176.6	87

(주) 순수량=실경면적(實耕面積) (총면적-개거로인한 손실면적)에 대한 수확량

## V. 고찰 및 결론

### 1. Leaching Test에 대하여

시험을 시작한 날로부터 3일간은 Ring 안에 채워진 물이 평균 83mm/day, 33mm/day 18mm/day로 빠르게 감소되었으나 그 후로는 감소 속도가 점차로 늦어져서 7일이 경과된 후 부터는 거의 constant가 되었다. 즉 다시 말해서 최초에는 토양중에 침투되는 속도가 빨랐으나 3일 후에는 침투 속도가 늦어졌음을 의미한다. 또한 토양의 함수도에 있어서도 시험전과 시험후 동일한 지역에 대해서 측정한 결과 시험전에는 표토층에서 심토(心土)로 내려 갈에 따라 함수도가 점차로 증가 되어 직선현상을 나타 내는데 반하여 시험후의 함수도는 표토층에 있어서 시험전 보다 물론 증가 되는 것이 당연한 사실이나, 깊이 30cm 이하에서는 함수도의 변화가 미소한 것으로 보아 하층토의 조적이 치밀하여 거의 불투수층에 가까운 지층으로 형성 되어 있음을 알 수 있었다.

따라서 표토로부터 깊어 갈에 따라 수직침투(垂直浸透)는 점점 감소하고, 그대신 수평으로, 침투현상이 이루어지는 것으로 생각되었다.

그러므로, 이러한 사실은 간척지에 개거(oeprn conduit)나 암거(under drainage)를 시설할 경우 깊이를 결정하는데 참고 재료가 될 것이다.

한편 토양염도에 있어서도 Leaching Test를 하기 전에는 지표하 0~10cm 깊이에서 토양의 함염도가 약 40mm hos/cm 이런 것이 시험후에는 같은 깊이에서 0.78mm hos/cm로 39.8mm hos/cm가 감소 되었으며 지표하로 내려갈에 따라 토양의 함수도가 감소하여 30cm 깊이에서 constant가 된 바와 같이 토양염도에 있어서도 지표하로 내려갈에 따라 점차로 염분감소율이 낮아졌으며 30cm 깊이에서는 오히려 시험전의 염도보다 높은 경향을 나타냈는데 이것은 표토층으로부터 물에 의하여 용탈유리(溶脫遊離)된 염분이 지하부에 집적(集積)되는 데서 오는 현상이며, 이러한 사실로 미루어 보아 지하배수에 의한 염분배제가 불가피함을 입증하여 주는 것임을 알 수 있다.

### 2. 개거의 깊이와 간격이 제염에 미치는 영향

앞에서도 말한바와 같이 본 시험시설은 NEDECO에서 실시하던 기존시설을 그대로 이용하게 되었기 때문에 본시험을 수행하는 데 실상 어느정도의 무리가 있기는 하나, 60ha 내의 기존시설중에서 시험배치법에 따라 선정하였기 때문에 시험에 큰 영향을 미칠 요인은 없을 것으로 믿고, 또 본 시설을 하기 위하여서 막대한 예산을 집행하여 기왕에 시설해 놓은 것이기에 본 시험의 결론을 얻고자 하는데 더 큰 의의가 있다고 생각한 것이다.

원래 UNTID는 Netheland 사람에 의해서 이루어졌기 때문에 그들의 문헌과 기술을 토대로 하여 본 간척

지에 이와같은 시설을 한 것으로 사료 되는데 그들에 의해서 4년차에 걸쳐 시험결과에서도, 라래한 성과를 얻지 못한 것으로 밝혀졌다.

다시 말해서 그들의 계획과 개거의 깊이와 개거간의 간격문제만 하더라도, 깊이에 있어서 0.9m, 1.2m, 1.5m, 또 간격에 있어서 18m, 36m, 72m 로, 처리하게 된, 원래의 계획보다는 우리나라 대부분의 간척지가 그러하듯이 강화간척지의 치밀한 토성과 Netheland의 물수성이 양호한 토성과는 근본적으로 틀리기 때문에 기대하였던바 성과를 얻지 못한것으로 사료된다.

이와 같은 사실과 금년까지의 성적을 종합하여 고찰해 볼 때 개거의 깊이, 즉 0.9m, 1.2m, 1.5m 사이의 제염률 및 수확량에 있어서는 별다른 차이를 찾아 볼 수 없었음을 알 수 있었다. (그림 7 참조)

한편 이에 대하여 최근 영국의 점토질 토양과 같은 경우에 암거의 깊이를 0.7~0.85m 정도로 규정한 것과 양토에서도 0.9~1.0m 정도로 시설한다<sup>(10, 11, 12)</sup>는 문헌을 비롯하여, Leaching Test 및 신간척지나 토양조직이 치밀한 간척지 토양에서는 관개용수에 의한 염분용탈의 깊이가 50cm 내외에 불과하다<sup>(13)</sup>는 사실등을 참고로 할 때 간척지 개거의 깊이는 0.5~0.9m 내에 적정 깊이가 있을 것으로 사료 되므로, 본 시설중에서 볼 때는 0.9m 로 하여도 충분할 것으로 생각된다.

또한 개거간의 간격에 있어서는 18m 구가 제염율이 제일 높고, 수확량도 많았으며, 그 다음은 36m, 72m 순으로 되었는데 이를 통계분석한 결과도(F=68.09\*\*) 유의성이 있음을 나타냈다.

그런데 10a 당 수확량을 비교할 때 72m 구 보다 18m 구가 평균 50% 정도의 증수를 보였으나 개거시설로 인한 경지손실(耕地損失) 면적을 고려하면 간격 36m 구만이 순수량에 있어서 10% 내외의 증수를 볼 수 있을 뿐 18m 구는 오히려 순수량면에서는, 낮은 경향을 보였다(표 3 참조) 또한 Donnan의 실험공식<sup>(14)</sup>

$$L^2 = \frac{4k(b^2 - a^2)}{q}$$

에 의해서 구하여 본 개거의 간격도 20~36m 정도에 있으며, 그리고 이에 대하여 C.G.Elliott<sup>(15), (16)</sup>는 중점토에서 암거의 깊이를 0.6~0.75m, 간격을 27.0~36.0m 로 제안한 사실이 있으므로, 개거간의 거리는 36m 정도가 좋을 것으로 사료 된다.

한편 우리나라 현존간척지 배수로의 평균거리가 183m 정도로 되어 있어<sup>(17)</sup>, 제염속도 및 토지이용도의 감퇴현상을 가져온다면 이러한 사실이 간척지 개발의 한 저해(沮害) 요인이 될 수 있을 것이므로 앞으로는 고려할 바가 있지 않나 생각된다.

## V. 적 요

본 시험은 경기도 강화군 길상면 강화간척지에서 1967년 부터 3년차에 걸쳐 개거의 깊이와 개거간의 거리가 제염에 미치는 영향을 구명하기 위하여 시험한 것으로 그 결론은 다음과 같다.

1. 관개용수에 의한 토양염분용탈(土壤鹽分溶脫) 깊이는, 지표하 30~50cm 까지 영향을 미쳤으며 그이하에서는 토양함수도 및 토양염도의 변화가 미소하였다.
2. 본 간척지 토양의 지표하 30 cm 이하 부터는 수직침투가 점점 감소하고, 그때신 수평으로 침투 현상이 일어났다.
3. 작처리를 비교할 때 개거의 깊이가 제염률 및 수확량에 영향을 미치는 정도는 미소하였으며, 개거간의 간격에 따라서는 고도의 유의차가 있어 실험 결과로는 깊이 0.9m, 간격 18m 로 시설하는 것이 효과적이다.
4. 그러나 개거로 인한 손실면적을 고려하여 수확량을 비교할 때 깊이 0.9m 간격 36 m 를 시설함이 타당한 것으로 사료 된다.

## 참 고 문 헌

1. Donnan. W. Bradshaw. and Blaney (1954) : Drainage Investigation in Imperial Valley. California. 1941~51 U.S.D.A. Soil Cons. Serv. Tech. Pub, 120
2. Neal. J.H.(1934): Proper Spacing and Depth of File Drains Determined by the Physical Properties of the Soil. Minnesota Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. 101.
3. Visser. W. C (1954); Tile Drainage in the Netherlands Neth. Jour. Agr. Sci. 2 : 69-87.
4. Walker. p (1952); Depth and Spacing for Drain Laterals as Computed from Coresample Permeability measurements. Agr. Eng. 33:71-73.
5. U.S.A. Agriculture Hand Book No. 60 (1953): Saline and Alkali Soil p-17.
6. 田中貞次(1938): 灌溉排水 p-386
7. 農業土木學會(1957): 農業土木ハンドブック p-869
8. 池隆肆: 栽培汎論 p-171
9. 趙成鎭: 土壤學 p-303~305.
10. 狩野德太郎(1964); 灌溉排水 p-78 p-279.
11. 閔丙燮(1962): 農業水利 p-125 p-387
12. 姜父默外 2人(1969): 干拓地 除鹽效果試驗 忠南大學校 大學院論文集 2輯 p-143
13. 輯長濱謙吾著(1950): 暗渠排水 p-224
14. 鄭斗浩, 金顯喆, 閔庚壽, (1969): 干拓地에서 두더지 暗渠設置法과 除鹽效果에 關한 研究(I), 韓國農工學會誌, 第11卷 第4號

15. 朴甲成(1969): 既存干拓農地の 土壤鹽度, 植付實績 및 收穫量에 對한 實態調査, 韓國農工學會誌, 第11卷 第3號 p-41.

16. 鄭斗浩, 金顯喆(1967~1969): 干拓地 除鹽에 관한 研究 農工利用研究所, 試驗研究報告書

## 原 稿 募 集

本會에서는 아래와 같은 規定으로 原稿를 募集하오  
니 公私間 多忙하신을 思料하오나 本學會를 育成하는  
뜻에서 많이 投稿하여 주시기 바랍니다.

1. 類別은 論說, 論文, 研究報告(工事施工, 設計計算), 討議事項, 農工技術에 關한 隨想, 現場閑談 技術行政, 技術經營, 技術相談 等 農業工學 技術에 關한 全般임.
2. 原稿는 200字 原稿用紙에 띄어쓰기로 橫書하고 1項의 類別을 明記할 것.
3. 原稿의 執筆은 國漢文을 混用해도 無妨하며 枚數는 50枚 以內(그림, 表 包含)로 하여야 한다.
4. 執筆體制는 다음과 같이 定한다.

I, II, III,

1, 2, 3, ……

가, 나, 다, ……

1), 2), 3), ……

가), 나), 다)

(1), (2), ……

ㄱ, ㄴ, ㄷ, ……

圖表는 그림 1, 2,

표 1, 표 2,

等으로 表示하고 簡單한 說明을 붙여야 한다.

5. 技術用語는 學會에서 發行한 用語를 使用한다.
6. 題目은 반드시 國文과 漢文을 並記하고 論文에 限하여 500語 以內的 英文 Summary를 붙일 것.
7. 그림은 18切紙 크기 以內로 하고 트레이싱 페이퍼에 먹으로 깨끗이 그려야 한다.
8. 原稿採擇은 編輯委員會에서 定하고 編輯委員會는 原稿의 部分的修正을 要求하거나 編輯上 必要에 따라 體制와 用語의 一部를 訂正或은 省略할 수 있다.
9. 學會誌에 掲載한 原稿에 限하여 學會所定の 稿料를 支拂하며 일단 提出된 原稿는 一切 返還치 않는다.