

# 기술논문 작성법(15)

## - 그래프(graph) 사용 요령 -

그래프는 논리 전개와 고찰의 기초와 증빙이 되는 데이터를 점, 선, 면적의 형태로 나타내어 시각적 효과를 높인 보도자료이다. 즉, 데이터의 분포와 전체적인 경향을 인지시키거나 해석을 쉽게 도와주는 자료이다.

### 1. 그래프와 표의 차이

그래프(graph)는 논리 전개와 고찰의 기초와 증빙이 되는 데이터를 점, 선 혹은 면적의 형태로 나타내어 시각적 효과를 높인 보조 자료이다. 데이터는 실험적 관찰, 이론적 예측 및 계산 값이 되는데, 흔히 두세 개의 변수사이의 관련성을 X-Y 축의 직각 좌표에 나타낸다. 따라서 고정 변수(흔히 X-축)에 따른 종속변수(흔히 Y-축) 데이터에 특징적인 변화(직선적 혹은 비선형적 연관성), 연속 혹은 불연속성의 특징(최대, 최소 혹은 변곡점 등의 존재)과 기타 특이 사항 등을 시각적으로 부각되는 그림이 되면, 그래프를 선택하는 것이 적절하다. 즉, 그래프는 데이터의 분포와 전체적인 경향(혹은 방향성)을 인지시키거나 혹은 해석을 쉽게 도와주는 자료이다. 우리가 글을 읽을 때보다 그림을 볼 때 더 넓게 보는 성향이 있기 때문이다.

동일한 데이터를 그래프로 표시했을 때 표와 다른 시각적인 차이를 <예 1>에 비교하였다. (a)의 표에는 5개 시편에 대한 성질을 수치로 비교되어 있다. 전문성이 있는 독자가 이 표를 세심하게 읽고 잠시 생각하면, 서로의 차이점과 어떤 시료가 가장 우수한지 판단할 수 있다. 이 데이터를 (b)처럼 그래프로 표시하면, 똑같은 내용을 훨씬 효과적으로 나타낼 수 있다. 뿐만 아니라 독자에게 직접적인 시각적 인상을 준다. 서로 다른 시편의 성질이 한 눈에 비교되고, 중요한 경계가 어느 영역인지도 명확하게 표시되어 있다.

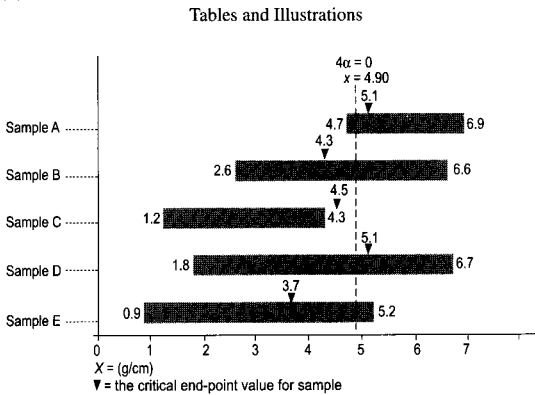
그래프가 데이터를 종합하여 요약 형태임에서 표(table)와 유사성이 있다. 표가 데이터 값을 2차원적으로 나열한 기록적 성질이 높은 반면에, 그래프는 데이터의 전체적인 성향과 특징을 강조하는 차이가 있다. 값만 있고 경향성이 중요치 않으면, 표로 제시하는 것이 항상 좋은 선택이다. 그래프에 하나의 데이터 셋(커브)만을 담으면, 시각자료의 효용성 떨어지고 필요 이상의 지면 할애해야 하므로 본문에서 문장으로 표현하는 것이 낫다.

데이터를 그래프로 제시할 때는 항상 그래프에 담겨 있는 데이터에 대한 설명을 잘해야 한다. 표에서처럼, 그래프만 제시하거나 혹은 내용을 대충

(a) 표

Sample	Start(X) (gm/cm)	End Point (이론) (gm/cm)	End Point (측정) (gm/cm)	Crosses (4a=0)
A	4.7	5.1	6.5	yes
B	2.6	4.3	6.6	yes
C	1.2	4.5	4.3	no
D	1.8	5.1	6.7	yes
E	0.9	3.7	5.2	yes

(b) 그래프



예 1. 동일한 데이터를 (a) 표와 (b) 그래프로 나타낸 비교

설명하면, 저자의 의도와 다르게 해석될 개연성이 있다. 따라서 그래프의 내용을 구체적으로 설명함으로써, 저자의 의도대로 인지·해석이 가능하다. 동일한 내용이라도 모두 똑같이 읽히고 해석되는 것은 아니기 때문이다. 즉, 기술보고서의 본문 내용과 맞는 시각자료를 작성할 필요가 있다. 그리고 그래프가 본문과 독립적으로 읽히게 되므로, 그래프의 제목(heading)과 서술문(caption)도 중요하다.

## 2. 그래프의 기본 요소

그래프에 담을 데이터의 선정, 그래프 제작과 논문에 배치에서 항상 염두에 둘 사항이 두 개 있다. 독자에게 데이터의 인지성(perception)과 해석(interpretation)을 증대시키는 일이 첫째이고, 둘째는 명료하고(clarity) 간

결하게(conciseness) 작성하는 요령이다.

### 가. 인지성과 해석 편의성

기술논문 속에서 그래프의 기본적 속성은 서술하는 내용을 독자가 빠르고 쉽게 이해하도록 도와주는 기능이다. 따라서 독자가 그래프를 글보다 쉽게 인지하고(perceive), 해석할(interpret) 수 있는 형태이어야 한다. 그래프에 어떤 데이터를 얼마큼을 담느냐, 어떤 형식을 택하여 축과 데이터 포인트의 모양과 크기 등을 어떻게 구성하느냐의 판단은 이 인지도를 높이고 해석을 도와준다는 두 개념을 기본으로 삼아야 한다.

좀 더 이해를 높이기 위해서, 기술논문에서 그래프를 접하는 독자가 겪는 두뇌회전의 과정을 살펴보자. 먼저 그래프를 구성하는 양축의 부제(legend)와 눈금을 식별하고(identifying) 인지하는(perceiving) 시각적인 일을 한다. 데이터의 위치, 길이, 기울기, 각도, 면적 혹은 밀도 등이 인지토록 하는 구성요소이다. 다음에 그래프에 실린 내용(데이터)을 두뇌가 해석하는 인식 과정(cognitive task)을 거친다. 독자들은 데이터의 위치, 거리 등에서 의미를 어렵잡고 판단한다. 인지의 용이성에 대한 심리분석에 의하면, 면적보다는 각도가, 각도보다 길이가, 길이보다 위치에 대한 인지효과가 더 높다고 한다. 따라서 이와 같은 구성요소를 잘 선별·사용하는 일이 그래프의 가독성(인지 및 해석의 편의성)을 높이는 기본이다.

### 나. 명료성과 간결성

그래프는 소수의 문장으로 설명하기에는 많은 양의 데이터를 한 개의 그림으로 요약한(summary) 것이다. 따라서 시각적으로 명확성(clarity)과 간결성(conciseness)을 갖추어야 한다. 여기서 명확성이란 데이터에 담겨진 내용이 시각적으로 잘 구분됨을 뜻하고, 간결성이란 시각적으로 쉽고 빠르게 인지됨을 의미한다. 한 그래프에 너무 많은 데이터를 담고 있거나, 어느 영역만 필요이상으로 두드러지거나, 혹은 표제 라벨과 설명이 부적당

하다면, 그래프의 명확성과 간결성을 해칠 것이다. 따라서 그래프를 작성할 때, 본문처럼 고치고 재수정하는 반복적 편집을 통해 시각적 효과를 높이는 작업이 필요하다.

#### 다. 그래프의 인지도를 높이는 배열

그래프의 인지도를 높이려면, 독자가 어떤 방식으로 읽는지를 숙지하여야 한다. 대체로 왼쪽에서 오른쪽, 그리고 위에서 아래로 읽는다. 따라서 그래프에서 독립변수를 X-축으로 하여, 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 중요도가 높아지도록 배열한다. 상하의 선택에서는 위에서 아래로 내려갈수록 더 중요한 내용을 배열한다.

답을 내용의 선택과 그래프 작성에서 일반적으로 통용되는 관행은 다음과 같다.

- 중앙이 주변보다 중요하다.
- 앞에 있는 것이 뒤 배경에 놓인 것보다 중요하다.
- 큰 것이 중요하다.
- 굵은 선이 중요하다.
- 많은 것이 포함된 곳이 중요하다.
- 같은 크기이면, 모양이 같은 것들을 그룹으로 인지한다.
- 대조를 이루면 더욱 부각된다.

최근에는 그래프를 제작하는 소프트웨어(S/W)가 발달하여, 데이터의 인지와 해석을 극대화 시키는 방안이 S/W에 잘 반영되어 있다. 데이터의 선정을 잘하면, 손쉽게 짜임새 있는 그래프를 쉽게 작성할 수 있다. 일은 따라서 기술논문을 작성하는 직업을 가지면, 시중에 판매되는 S/W에 익숙하도록 훈련이 필요하다. 특히, 데이터 포인트의 기호와 선과 색의 선택이 다양하고 3차원 표현도 손쉽게 할 수 있어서 가독성이 우수한 그래프를 작성하는 수작업을 크게 줄여 놓았다. 다만, 최종적인 인쇄되는 과정의 경제성을 염두에 두고 작성해야 할 것이다.

### 3. 그래프의 종류

그래프에는 데이터 값이 점, 선 혹은 면적으로 표시된다. 면적으로 표시하는 그래프에 막대 그래프(bar chart)와 파이 그래프(pie chart)가 있다. 점과 선으로 표시하는 것이 선 그래프(line chart)이다. 쓰임새에 있어서 세 그래프 사이에 큰 차이는 없다. 그러나 과학적인 기술논문에서는 정량성과 완전성을 추구하는 측면에서 선 그래프가 많이 쓰인다. 꼭 그런 것은 아니나, 막대 그래프와 파이 그래프는 인문·사회 분야의 논문과 비정형 문서 및 설명 자료에 더 많이 사용된다.

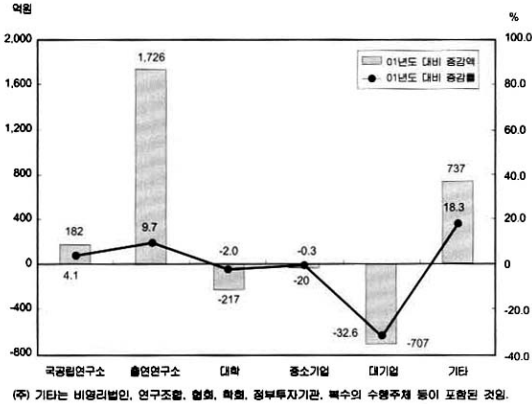
### 4. 막대 그래프

#### 가. 좋은 막대 그래프

막대 그래프에서 한 축은 불연속 변수이고, 이런 분류에 따른 양(흔히 스칼라 양이 됨)을 비교하는데 막대 그래프가 효과적이다. 흔히 한 축은 연속 변수로 눈금을 가지고 있다. 그러나 스칼라 양인 변수와 연속 변수 사이의 관계를 표시하는데도 쓰이기 때문에, 양 축이 모두 연속 변수일 수 있다. <예 2>가 전형적인 막대 그래프이다. X-축은 서로 연관성이 없는 연구주체별로 사용액을 수치를 막대의 길이로 비교되어 있다. Y축 왼쪽에 눈금을 표시하였고 막대 끝에 수자로 기입하여 인접 항목과 상대적인 비교가 직접적이고 쉽다. Y-축의 오른쪽에는 전년도 대비 증감비율을 추가하여, 동일한 데이터를 다른 방향에서 해석되기 쉽도록 표시되어 있다.

막대의 길이가 실험적 관측치 혹은 계산 결과인데 비하여 막대의 폭은 의미가 없다. 단지 데이터의 수(막대의 수), X-축의 변수 표시(라벨)의 글자수와 그래프가 차지할 지면에 따라 정해질 뿐이다. 막대 표시는 수직(예 2), 수평(예 3) 혹은 중간에 떠 있는(예 1) 형태로 그릴 수 있다.

막대와 평행한 축(수직 막대인 경우 Y-축이 됨)에는 동일 간격으로 눈금자(tick)와 눈금(scale)을 표시하고



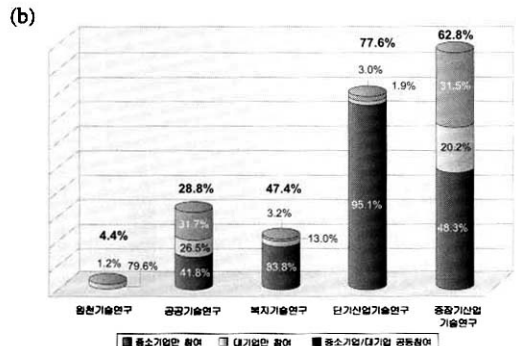
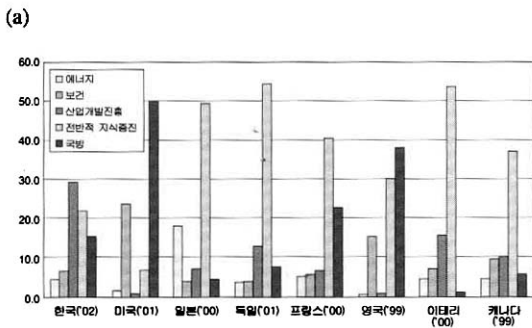
예 2. 막대 그래프의 전형적인 예.

축의 부제(label)를 축과 평행하게 쓴다. <예 2>에서처럼, 그래프 제목(caption)으로 정량 표시 축의 부제를 대신하기도 한다. 막대 그래프의 가독성과 데이터의 인지도를 높이기 위해, 막대 끝에 값을 숫자로 기입하거나(예 2 참조) 오차를 표시하는(예 5, d 참조) 방식도 흔하게 쓰인다. 다른 축(막대가 접촉하는 X-축)에는 막대의 의미를 수(number), 문자(letter), 약어 혹은 설명어로 표시한다. 단위가 있는 스칼라 양일 경우에는 당연히 눈금자, 눈금 및 축 라벨을 표시해야 한다. 눈금 표시가 필요 없으면 라벨만 표시해야 할 것이다. 문자나 약어로 표시하려면, 이에 대한 설명(legend)이 추가되어야 한다.

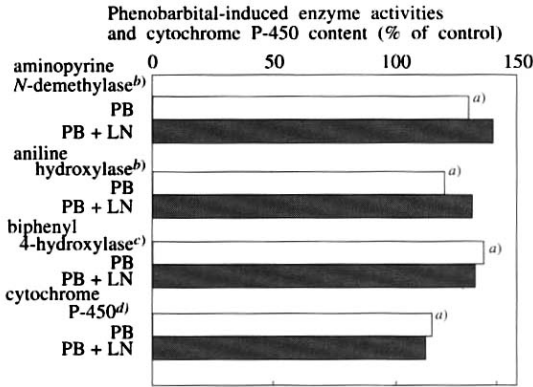
X-축의 변수에 여러 항목을 추가하여 3개 변수 관계를 한 그래프에 나타낼 수 있다. 이 경우, 막대 표시에 음영, 빗금표시 혹은 색깔을 다르게 하여 서로 구분되게 표시해야 한다. <예 3, a>를 보면, X-축의 주 변수는 나라별 구분이고, 추가적 변수로 경제 사회적인 목적을 구분하였다. 즉, 제3 변수를 에너지(연두), 보건(노랑), 산업진흥(초록), 지식증진(주황)과 국방(자두)으로 구분해서 나라별로 상대 비교가 가능하다.

막대 그래프에 3개 변수관계를 표시하는 다른 방법이 <예 3, b>이다. 한 개의 막대를 세분하여 합이 100이 되도록 표시한 예이다. 즉, 막대 끝에 민간참여 비율을 굵은 글씨로 표기하고, 각각에 대하여 중소기업, 대기업과 공동 참여분을 음영처리로 다르게 구분하였다. 연구형태별로 공동연구의 성격이 잘 나타나 있다. 컴퓨터 S/W의 발달로 막대 그래프의 3-D 처리가 쉬워졌다.

그래프를 읽을 때, 데이터 값을 위·아래로 비교하여 의미를 파악하려는 성향이 있다. 따라서 수직 막대가 보편적으로 쓰인다. 변수의 표시가 길거나 수평 축이 복잡하여 공간적 제한이 발생하면, <예 4>처럼 수평 막대로 표시하는 것이 나올 것이다. 이런 경우에도, 가능하면 라벨쓰기를 수직 방향으로 바꾸거나 X-축에 기호로 표시하고 기호 설명(legend)을 붙이는 것이 읽기 쉽다.



예 3. 3개 변수관계를 나타낸 막대 그래프: (a) 인접표시와 (b) 동일 막대 표시 방식.

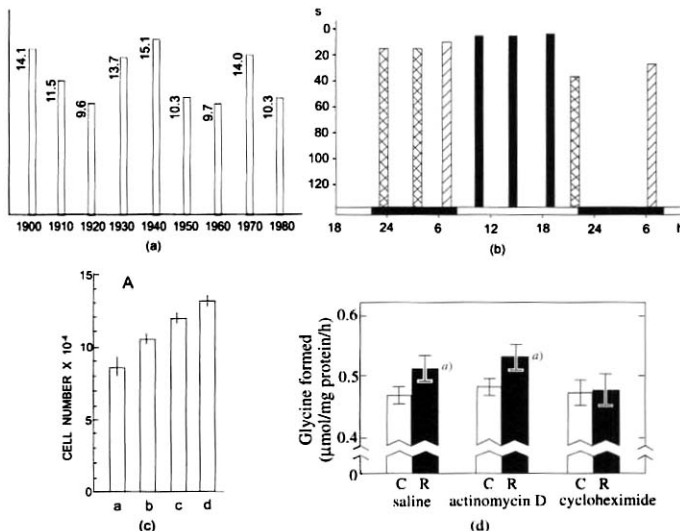


예 4. 수평 막대표시 그래프

나. 나쁜 막대 그래프

막대가 데이터의 표현이므로, 막대 그래프의 전체적 공간 배치에서 주도적 모습을 갖추어야 한다. 인접 막대와 떨어진 공간보다 폭이 넓어야 한다.

<예 5>는 좋지 않은 막대 그래프들이다. (a)와 (b)는 막대가 차지하는 공간보다 사이 공간이 크다. 막대의 폭을 넓게 하고 빈 공간을 줄일 필요가 있다. (a)에서 Y-축에 눈금자 구분과 스칼라 양을 표시하고, 필요하



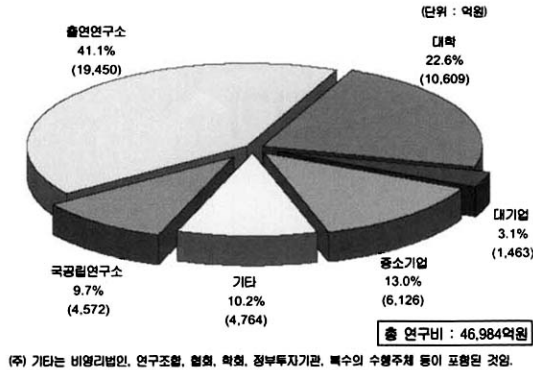
예 5. 부적절한 막대 그래프의 예.

다면 각 막대의 위에 값을 추가적으로 표시해야 한다. (b)에 음영과 빗금 표시로 막대를 구분했는데, X-축의 변수가 무엇인지 그리고 음영처리의 차이가 제시되지 않았다. Y-축의 눈금도 상하가 바뀌어서 자연스럽지 않으며, X-축도 하나의 실선으로 표시하는 것으로 충분하다. (c)와 (d)에는 막대와 빈 공간의 폭이 동일하다. 따라서 막대를 강조하는 모습이 부족하다. (c)에서 네 변수는 100%로 동일하고 하나만 다르므로, 막대 그래프로서 빈약하다. “뇌에는 40%가 잔류하고 간, 콩팥, 심장과 근육에는 모두 100% 잔류하였다”식의 한 문장으로 표시해도 충분하다. (d)에서 a, b, c와 d로 표기한 기호에 대한 설명이 누락되어 독립적으로 읽히기에 부족하다. 특별히 글로 표시하지 않으면, 절대값에 대한 질적 구분이 나타나지 않는다.

5. 파이 그래프

전체의 합이 100%인 데이터를 한 원 속에 면적으로 구분한다. 데이터 값이 썰기꼴 모양이므로 파이 그래프라 하며, 스칼라 양은 면적 혹은 각도가 백분율(%)로 표시된다. 변수의 표지(label)를 썰기꼴의 안 혹은 밖에 기입하며, 데이터 값은 절대치 혹은 %로 숫자와 함께 기입한다. 일반적으로 파이 그래프는 12시 방향에서 시작하여 시계회전 방향으로 읽는 것이 쉽다. 전체적인 모양을 해치지 않으면, 면적이 큰 변수부터 배열하는 것이 낫다. 그리고 음영처리는 데이터의 가시성을 높이는 효과가 있다.

파이 그래프에서 크고 작음의 % 비교와 유사한 값의 동량성을 잘 나타내는 그래프이다. 3-4개의 변수의 영향을 100분율로 나타내고 이들의 상대비교에 효과적이다. 그럼에도 각도의 판단이 위치를 통한 판단보다 정확도가 떨어지는 단점을 가지고 있어서, 막대 그래프 보다 독자의 인지도를 향

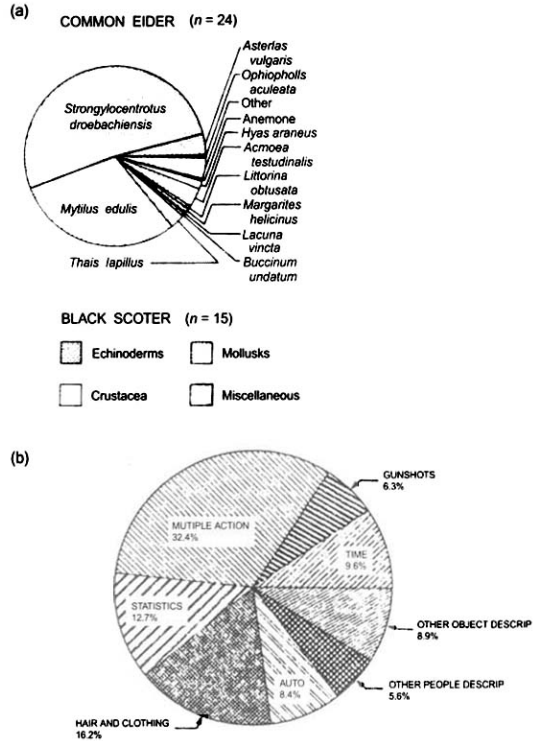


예 6. 파이 그래프의 예.

상시키는 점은 부족하다. 즉, 절대값을 기입하지 않으면, 비슷한 값의 차이 비교가 어렵다. 그런데, 변수가 너무 많거나, 값이 너무 작으면 가시성과 라벨 표기에 어려움이 있다. 이런 경우에는, 빈 공간에 변수를 화살표로 표기하거나 떼어내어 확대 표시방식이 쓰인다. 이런 작업이 컴퓨터로 쉽게 할 수 있다. 그럼에도 독자의 가독성을 중요시 해야 하는 사실에는 변함이 없다.

<예 6>은 2002년도 국가연구개발사업의 현황을 연구개발 주체별로 기입한 파이 그래프이다. 총액은 별도 표기(legend)하고, 주체별 수치와 백분율을 표시와 함께 제시하여 해석이 쉽도록 제작되었다.

<예 7>에 적절치 않은 파이 그래프를 두 개 제시하였다. (a)는 너무 많은 데이터를 포함하고 있고, 값이 아주 작은 변수가 많아서 복잡한 느낌을 준다. 이런 데이터는 다른 방식으로 제시하거나, 양이 작은 것들은



예 7. 부적절한 파이그래프의 예.

분리하여 확대하거나 <예 6>처럼 원에서 빠져 나오도록 그리는 것이 좋다. (b)에 음영처리는 너무 진하여 변수 라벨이 읽기 어렵다. 가능한 얇은 음영처리로 바꾸고 라벨의 글씨를 크게 하여 중요한 요소가 더 잘 드러나도록 고쳐야 한다.