

# 기술논문 작성법(16)

## - 선 그래프(line graph)-

좋은 S/W로 누구나 훌륭한 선 그래프를 그릴 수 있다.

### 1. 선 그래프의 구성 요소

선 그래프는 나름대로 기본 형식을 갖추어야 한다. <그림 1>이 대표적인 예로, 선 그래프의 몸체(main body)와 그림 설명(figure caption)으로 구성된다. 이 두 요소가 합쳐져야 선 그래프가 본문과 독립적으로 읽힐 수 있다.

선 그래프의 몸체는 X-Y 좌표에 데이터가 표시된 그림이다. X-축의 독립 변수와 Y-축의 종속 변수 사이의 관계를 나타내는 시각적 보조 자료이다. 그래프의 심장적인 데이터는 항시 스칼라 양인데, 점 혹은 선으로 표시된다. 따라서 선 그래프를 구성하는 주요 요소는 점, 선과 여백(빈 공간)으로 담으려는 메시지가 효과적으로 전달되도록 구성한다. 구성 요소인 점의 모양과 크기, 선의 형식과 굵기 그리고 데이터(점 혹은 선)의 공간적인 배열 등이 모두 그래프를 읽고 해석하게 하는 도구이다. 이런 구성요소들이 어떻게 균형을 이루느냐에 따라서 선 그래프의 시각적 보조 자료로 효과성이 정해진다.

<그림 1>에서 (i) 축 명칭(axis title)은 X-축과 Y-축의 함수관계를 설명하는 단어(혹은 구)이다. 축 명칭을 잘 선택해야 그래프에 담겨진 내용의

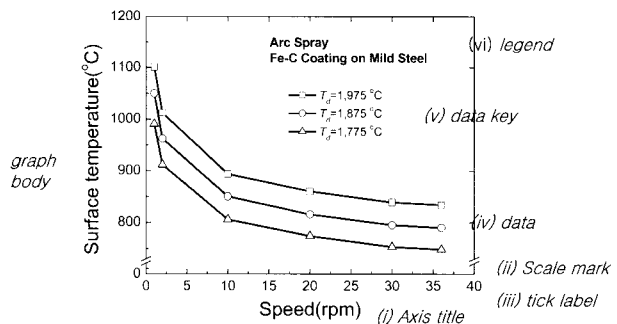


figure caption

Fig. 1 Surface temperature of mild steel substrates decreases following the similar pattern as the rotation speed increases.

성격을 쉽게 이해시킬 수 있다. 축에는 값을 읽게 하는 이정표인 (ii) 눈금(scale mark)이 표시되고 (iii) 그 값(scale label)이 적혀 있어야 한다. 독자는 이 눈금을 잴 대로 삼아서 데이터의 값(흔히 스칼라 양)을 읽는다. X-Y 좌표계 테두리 안에 (iv) 데이터(data)가 점, 선 혹은 점+선으로 표시된다. 여러 개 데이터 세트를 담은 그래프에는 데이터를 (v) 주제어(data key, 혹은 keyword)로 설명해야 한다. 필요에 따라서는 실험 조건을 빈 공간에 (vi) 설명문(legend)이 있는데, 이는 실험의 종류, 시료의 기본 조건 등을 설명하여 그래프의 읽어야 할 가치를 쉽고 빠르게 파악시키는 도우미이다.

그림 설명(figure caption)은 그래프에 담겨진 데이터로 저자가 독자에게 전하려는 메시지를 제공하는 것이다. 일종의 이정표로서 독자가 저자의 의도대로 읽도록 하는 기능을 한다.

## 2. 선 그래프에서 중요한 사항

### 가. 통일성과 일관성

앞에서 설명한 선 그래프를 구성하는 모든 요소들은 자자 통일성(uniformity)과 일관성(consistency)을 갖추어야 한다. 축의 명칭, 눈금과 값 표시, 데이터 모양 등에 대하여 글자 각각 크기와 굵기, 점 모양과 크기, 선 형식과 굵기 등이 같으면, 동일한 부류로 인지한다. 만약 모두가 똑같은 모양, 크기와 굵기를 갖는다면 서로 구분이 쉽지 않을 것이다. 다른 구성 요소는 항상 다르게 선택하는 지혜가 필요하다. 그리고 글자, 점 및 선 사이의 빈 공간(space)도 비슷해야 효과적으로 읽힌다. 마지막으로 한 논문에 실리는 선 그래프는 같은 형식으로 일관성을 갖는 것이 좋다.

### 나. 데이터의 양

많은 데이터가 한 곳에 뭉뚱하게 몰려 있고 여백이 많이 남는 모양은 피해야 한다. 데이터 세트는 한 그래프에 4~5개가 적당하다. 이보다 변수 많으면, 2~3개의

동일한 형식의 선 그래프로 나누어 그린다. 데이터 세트가 너무 많으면, 시각적 자극이 적고 데이터를 기록하는 용도 외에 다른 효과가 적다. 나누면 독자가 빠르게 인지할(perceive) 수 있고 해석(decode)도 쉬워진다. 다만 겹쳐서 그리는 것보다 데이터 세트를 서로 비교 시키는데 덜 효과적임을 유의해야 한다. 동일한 형식의 데이터 세트를 따로 그릴 때는 서로 비교가 쉽도록 해야 하고, 축이 스케일도 통일시켜야 한다.

### 다. 공간 배열

그래프에 데이터가 한 곳에 몰려 있거나 너무 펼쳐지면, 축의 눈금 단위를 조절해서 전체 공간에 균형을 이루고 분포되도록 해야 한다. 중요한 부분이 가능한 중앙에 놓이도록 변경해야 그만큼 시각적 효과가 크다. 공간을 짜임새 있게 사용한다는 뜻이다. 한 개 세트 데이터 혹은 선을 너무 넓은 스케일에 담는 것, 단순하게 변하는 데이터 세트가 좁은 영역에 밀집된 것 등이 피해야 할 사항이다. 그리고 불필요하게 전지를 사용하는 것도 재고해 봐야 할 사항이다.

### 라. 계급적인 순서 선택(hierarchy)

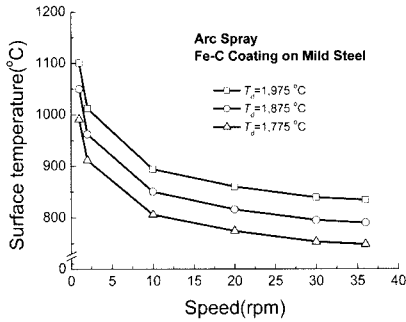
계급적인 순서란 중요한 것과 덜 중요한 것에 차이를 두거나 누구에게나 자연스런 배열순서를 지킨다는 의미이다. 데이터가 온도에 따른 측정값이라면, 낮은 온도에서 높은 온도 순서(혹은 역순)로 배열시키는 것이 좋다. 축이 눈금보다 굵고, 주 눈금이 부 눈금보다 길어야 자연스럽다. 축 명칭이 눈금 값보다 글자가 크다. 설명문(legend)을 쓰는 경우에, 기호와 주제어의 설명 순서와 데이터의 상하(혹은 좌우)로 배열된 순서와 같거나 비슷해야 읽기 쉽다.

## 3. 축(axis) 디자인

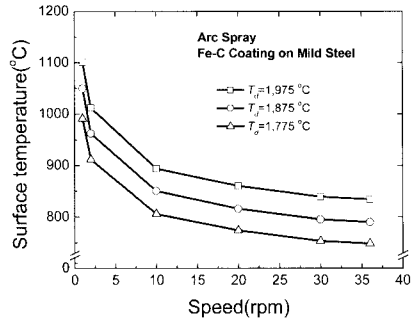
### 가. 축 표시 방법

축은 X-Y 좌표를 나타내는 실선으로 눈금으로 단위

## 열린강좌



(가)



(나)

그림 2. (가) 2축 표시법과 (나) 4축 표시법의 비교

가 구분되어 있다. 아래와 왼쪽만 표시할 수 있으나(2축 표시법), 상하좌우 모두 실선을 표시하는 것(4축 표시법)이 항상 더 좋다. 데이터를 읽고 해석하는 데 유리하고, 시각적으로 완성된 모양이다.

### 나. 축 명칭(axis title)

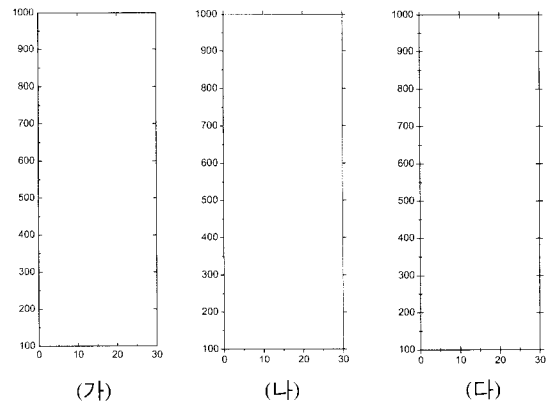
축에는 항상 축 명칭(axis title)과 단위를 기입한다. 축 명칭은 읽기 편한 방향으로 선택하되, 변수를 대표하는 용어로 선택하고 단위를 포함해야 한다. 축 명칭은 X-축은 가로로 Y-축은 세로로 쓰는 것이 다른 방식보다 낫다. 그리고 축의 중앙에 위치하고 동일한 글씨체와 크기로 해야 한다. 축 명칭은 눈금 표시 값보다 크고 굵은 글자로 쓰는 것이 좋다. 축의 단위는 ( ) 안에 표시하거나 혹은 “ , ”로 명칭과 구분하되 이어 쓴다. 예를 들면, 「Stress(MPa)」, 혹은 「Stress, MPa」 형태이다. 첫 자는 대문자로 하고 다음은 소문자로 쓰는 것이 좋다. 여러 단어로 구성된 명칭의 경우, 모두 대문자로 쓰는 것보다 읽기 쉽기 때문이다. 예로 「THERMAL EXPANSION COEFFICIENT」와 「Thermal Expansion Coefficient」를 비교하면, 후자가 눈에 잘 들어오는 것을 알 수 있다.

### 다. 눈금자 표시

축은 직선이며, 항상 눈금 표시(tick)와 눈금의 값

(scale label)이 표시된다. 축의 굵기는 데이터를 나타내는 선보다 얇은 것이 시각적 효과를 높인다. 선 그래프에서 두 축이 너무 굵으면, 데이터가 부각되지 않는다. 눈금 표시는 주 눈금(major tick)과 부 눈금(minor tick)이 가능하다. 눈금 값의 글자는 항상 축 명칭보다 작은 크기로 한다.

눈금자 표시(tick)는 항상 선보다 얇다. 눈금자 표시는 <그림 3>의 예시처럼 축의 (가) 안, (나) 밖 혹은 (다) 안팎으로 연결된 실선 표시가 모두 가능하다. 표시 형식과 길이는 독자가 읽기 쉬운 방식으로 선택한다. 단위의 값(label)을 축의 밖에 기입하는 것을 감안하면, 눈금이 축 안으로 표시하는 것(예; 그림 3. 가)이



(가)

(나)

(다)

그림 3. 축의 눈금자(tick) 표시 방식으로 (가) 축의 안, (나) 축의 밖과 (다) 축의 안팎으로 연결이 가능하다.

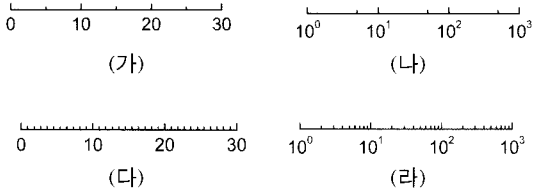


그림 4. 부 눈금 표시 방법의 비교

공간 배열 측면에서 좋다. 4축 표시법을 선택하는 경우, 위와 오른쪽 축에 주 눈금만 표시하고 값은 기입하지 않는다.

주 눈금과 부 눈금을 쓰면, 같은 굵기로 하는 것이 무난하다. 서로 길이나 혹은 굵기를 다르게 하여 차이를 두기도 한다. 이 경우 당연히 계급적 순서를 지켜야 한다. 주 눈금이 부 눈금보다 길거나 굵어야 한다. 눈금 값의 단위 선택과 부 눈금 값의 표시 여부는 공간에 따라 정해져 읽기 편한 방식을 선택한다. 일차 함수인 경우, 주 눈금 사이에 부 눈금은 하나로 충분하다. 대수함수인 경우도 부 눈금을 모두 표시할 필요성은 적다. <그림 4> 부 눈금의 표시 방식으로 일차 함수인 (가)와 (나)는 부 눈금이 각각 1개와 9개이다. 대수함수인 (다)와 (라)는 부 눈금이 각각 1개와 9개이다. (나)와 (다)처럼 부 눈금이 많으면 데이터가 밀집된 것처럼 답답하게 보이거나 축이 데이터보다 부각될 가능성이 높다.

**라. 눈금 값 표시**

X-Y 좌표계에서 원점은, 꼭 필요한 경우를 제외하고, 항상 0으로 하는 것이 좋고 오른쪽(혹은 위쪽)으로 갈수록 증가하는 것이 자연스럽다. 음수 데이터를 포함하는 경우도 마찬가지이다. 최대값은 당연히 모든 데이터가 그래프 테두리 안에 놓이는 값을 선택한다. 0에 가까이 있는 값이 중요하면, 이 데이터가 잘 구분되도록 0이 아닌 값을 선택하는 것이 효과적일 것이다. 데이터들이 한 쪽에 치우쳐서 균형이 깨지면, 적당한 위치에 단락(break)을 표시(예 || 혹은 //)하여, 중요

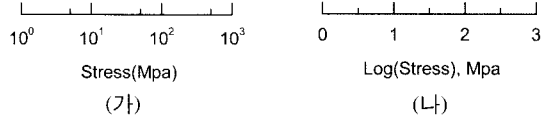


그림 5. 대수좌표계에서 눈금 값 표시 방법의 비교

한 데이터가 눈에 잘 띄는 곳에 분포되도록 할 수 있다(그림 2 참조). 단락을 쓰면, 데이터 선에도 같은 모양의 단락표시를 해야 한다.

단위 선택은 눈금을 표시하는 글자(흔히 숫자)의 길이에 따라 적당히 선택한다. 값이 크면 항상 단위를 줄여서 짧게 쓰고 공통수를 단위에 표시하는 것이 좋다. 예로 1000, 1500, 2000 등보다 1.0, 1.5, 2.0 등으로 짧게 표시하고 단위에 x1000을 포함하는 것이 좋다. 예로 응력을 표시하는 축 명칭에 「Stress(x1,000 MPa)」 혹은 「Stress(GPa)」로 하면 그래프에 눈금 값 표시가 훨씬 간단하고 정돈되어 보인다. 대수좌표계(log scale)를 쓰면, 눈금 값은 실제 값이 읽히도록 써야 한다. <그림 5>에서 (가)와 (나)는 같은 스케일을 나타낸다. 즉 (가)의 「102(혹은 100)」과 (나)에서 「2」는 같은 값을 지칭한다. 그럼에도 (나)의 2를 100으로 해석하려면 축 제목에 log가 있음을 고려해서 환산해야 한다. 그러므로, 환산해서 읽지 않아도 되는 (가)처럼 값을 적어 주는 것이 (나)보다 훨씬 좋다.

**4. 데이터 표시 디자인**

데이터는 실험값 혹은 계산값으로 선 그래프의 핵심 요소이다. 데이터는 ① 점, ② 선 혹은 ③ 점+선으로 표시한다. 절대값이 중요하면 점으로, 그리고 변화하는 경향을 강조하려면 선을 선택한다. 그러나 점과 선을 같이 표시하는 방식이 효과적이다. 데이터를 표시할 때 같은 부류는 서로 통일성을 유지하는 것이 가독성을 높인다.

**가. 점(data point)**

## 열린강좌

데이터를 점으로 표시하는 대표적인 기호(symbol)는 ○, △과 □이고, ●, ▲와 ■를 조합하면 여섯 개 데이터 세트를 쉽게 구별할 수 있다. 다음으로 많이 쓰이는 모양은 ◇, ▽, ◎ 등이 쓰이며, ×, +, ⊥, ⊕와 같은 기호도 사용한다. 그러나 숫자적 기호(x, + 등)보다 기하학적 모양(○, △ 등)이 좋다.

점 표시에서 크기와 굵기도 모양만큼 중요하다. 크기와 굵기는 전체적인 균형이 유지되도록 선택한다. 데이터 개수와 분포, 라벨과 빈 공간의 배열 등에 따라서 점이 너무 크거나 작으면 전체적인 균형이 흐트러지고 시각적 보조 자료로 그래프의 가치가 떨어진다. 특히 작게 쓰는 것을 피해야 한다. 논문으로 인쇄될 때 축소되는 점을 고려해야 하며, 선으로 연결하는 경우에 원래 모양이 찌그러질 우려가 있기 때문이다.

### 나. 선(line)

데이터를 연결된 선(직선 혹은 곡선)으로 표시하면, 종속 변수가 변화하는 경향을 부각시키는 데 효과적이다. 많은 수의 데이터를 점으로 표시하면 너무 무겁게 보일 때, 선표시가 사용된다. 종속변수의 궤적을 선으로 표시하여 기호로 표시하는 것보다 값을 정확하게 제시할 수 있다.

데이터 세트를 ① 연결된 실선(—), ② 점선(· · ·) 혹은 ③ 실선과 점의 조합(—·—·—· 등)으로 구분한다. 선의 굵기와 실선과 점선의 조합 방식으로 여러 데이터 세트를 구별할 수 있다. 데이터를 표시하는 선은 축보다 항상 굵은 것이 좋다.

### 다. 점 + 선

서로 멀리 떨어진 데이터 세트를 점과 선으로 조합하여 표시하면, 같은 데이터 세트를 인지하기 쉽다. 독립변수(X-축)가 같은 실험값(Y-축)이 교차되는 실험결과를 전달하는데 효과적이다. 여러 세트 데이터를 이론적(혹은 경험적) 수식을 분석한 그래프는 데이터 군의 대표 경향을 실선으로 표시한다(그림 7 참조). 점과

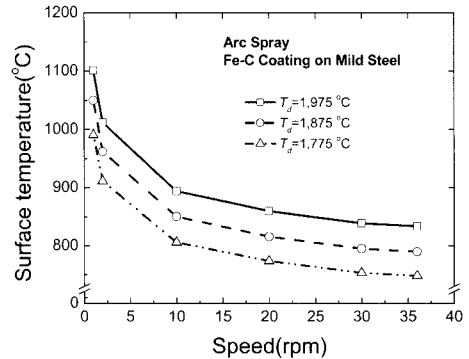


그림 6. 점과 선을 모두 다르게 선택하여 복잡한 느낌을 주는 그래프

선을 모두 쓰는 경우에, 선의 종류를 다르게 하는 것보다 같은 선을 선택하고 세트 간 차이는 점의 모양으로 한다. 점과 선을 모두 다르게 하면, 매우 난잡한 그림이 된다. <그림 2, 나>와 <그림 6>을 비교해 보면, 전자가 잘 정돈된 인상을 준다.

선을 표시하는 방법으로 선이 점을 표시하는 기호를 지나가는 것보다 기호와 구분되는 모양이 항상 좋다. 점에서 절대값을 읽기 쉽기 때문이다. 그리고 기호로서 데이터 세트가 구분되므로, 선의 모양을 다르게 할 필요성은 없다. 기호와 선의 모양이 너무 다양하면, 데이터가 너무 많은 것처럼 복잡하게 되기 때문이다.

### 라. 데이터 명칭(data key)

한 데이터 세트는 항상 명칭을 가장 가까운 곳에 표시해야 한다. 명칭은 간단한 단어나 실험 변수로 선택하여 너무 길지 않아야 한다. 여러 단어나 변수 조합으로 표시해야 하면, 별도의 설명문(legend)에 표시하는 것이 좋다. 그래프에 있는 다른 명칭(label)처럼 모두 대문자로 쓰는 것보다 소문자가 좋다. 글자체, 크기와 굵기는 전체적인 균형과 계급적 순서에 맞도록 선택한다. 그리고 서로 다른 명칭도 비슷한 위치에 놓아서 통일성과 일관성이 있도록 유의할 필요가 있다.

### 5. 설명문(legend)

설명문은 그래프가 독립적으로 읽히는데 중요한 역할을 한다. 그래프에서 X-축과 Y-축이 아닌 중요한 조건을 표시하거나, 라벨이 복잡해지는 것을 단순하게 만드는 역할을 한다. 예로 여러 온도에서 인장시험 결과를 한 개 그래프에 나타낼 때, 시료의 종류와 주요한 제작 변수 및 특징을 별도로 설명하는 것이다. 후자의 예는 데이터 세트에 명칭(label)을 쓰지 않고 기호 설명을 모아서 표시하는 경우이다.

설명문은 항상 그래프 안(X-Y 축의 안)에 위치해야 한다. 흔히 위쪽 여백에 놓는데, 좌우 어느 곳이나 차이가 없다. 그러나 왼쪽에서 오른쪽으로 읽는 습관이므로 왼쪽 여백이 더 좋은 위치이다. 설명문에는 테두리가 없는 것이 좋다. 테두리가 있으면 그 부분이 데이터보다 강조되기 때문이다. 전체적으로 두개의 4각형이 그려지는 모습도 덜 자연스럽다. 예로 (그림 7)에서, 온도를 표시하는 데이터 명칭(key)을 작은 4각형으로 테두리를 하였다. 작은 사각형이 밑줄 친 것처럼 이 부분을 강조하고 있다. 흔히 S/W에서 자동적으로 테두리를 제공하는데, 인쇄되는 논문에 실리는 선 그래프의 설명문에는 테두리를 없애야 한다.

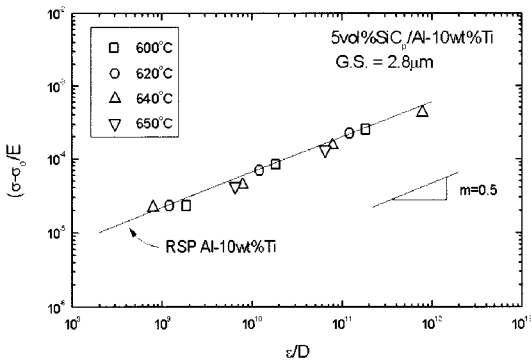


그림 7. 데이터 명칭(data key)의 부정적인 예.

### 6. 그림 설명(figure caption)

선 그래프에 실린 데이터에 대한 전체적인 설명이 그림 설명(figure caption)이다. 이것은 선 그래프가 본문과 독립적으로 읽히는데 중요한 역할을 한다. 그림 설명은 그래프에서 저자가 중요하게 생각하는 내용을 강조하는 이정표이다. 이 부분이 적절하지 못하면, 독자는 저자의 의도와 다르게 읽을 개연성이 남아 있다. 그래프의 모든 구성요소가 모두 잘 선택되었다 하더라도, 어떻게 읽느냐는 독자의 선택에 달려 있기 때문이다. 저자는 독자가 저자의 의도대로 읽도록 도와줄 필요가 있다.

그림 설명(caption)에는 저자의 의견이 충실하고 구체적으로 담겨져 있어야 한다. 너무 장황한 설명은 본문과 중복될 수 있다. 너무 짧게 쓰는 사례가 많은데, 이것도 피해야 한다. 하나의 일례로 인장시험 데이터를 그래프로 제시할 때 가장 나쁜 예가 「변형에 따른 응력의 변화」이다. 이런 그림 설명은 이미 X-축과 Y-축에 담은 사실의 반복에 지나지 않으며, 저자의 의견이 없고 독자가 임의적으로 읽을 수 있다. 이보다 「인장강도가 변형에 따라서 증가하고 20%에서 최대값을 나타내고 점차 감소한다.」라는 식으로 설명하는 것이 훨씬 낫다. 실험결과 중에서 저자가 중요하게 강조하는 부분이 구체적이며, 독자로 하여금 어느 곳을 이해해야 하는지 지시해 주기 때문이다. 제시된 데이터를 독자가 다르게 해석할 수도 있으나, 이는 부차적인 이슈이다. 이 부분에 대해서는 추후 예를 수집하여 설명할 예정이다.