



기술논문 작성법(3)

- IMRAD 구성 -

금 동 화

한국과학기술평가원

학술지는 나름대로의 투고규정을 제시하는데, 대체로 기술논문의 정형화된 구성형식을 따른다. 이는 서론, 연구방법, 결과 및 고찰의 형식으로서 과학·기술자들에게는 친숙한 요소들이다. 이와 같은 기술논문의 구성 체계를 흔히 IMRAD(혹은 IMRD) 형식이라고 한다. 학위논문, 기술해설과 실험보고서 등의 구성도 이와 크게 다르지 않다. 학술논문의 초록(Abstract)과 요약/결론(Summary & Conclusion) 부분은 독자의 편의를 위한 추가적인 요소이다.

기술논문이 IMRAD 형식을 갖춘 근원은 논문 내용은 항상 동료 과학·기술자들의 검증을 거쳐야 하고 검증된 지식과 정보의 축적으로 발전해온 과학기술계의 속성에서 찾을 수 있다. 이 IMRAD 형식은 모든 학술 및 기술 부문에 보편화되어 있어서, 논문을 빠르게 이해하는데 도움을 준다. 그리고 표준화된 형식은 학술지의 편집자와 심사자들이 많은 수의 논문을 빠르게 처리하는 데에도 상당히 효과적이다. 따라서 좋은 기술논문을 작성하려면, IMRAD 형식을 잘 이해하여 적용함으로써 자신의 주장을 효율적으로 전달할 줄 알아야 한다.

이번 호에는 기술논문이 IMRAD 형식으로 쓰여지는 타당성과 구성을 설명하고, 다음 호부터는 기술논문 형식의 단계별 작성요령을 구체적으로 다루고자 한다.

1. IMRAD 구성의 배경

IMRAD는 서론(Introduction), 연구방법(Method), 결과(Results)와 고찰(Discussion)의 영문 약자이다.(A는 and를 뜻함). 『무엇을 왜 연구했는가?』에 대한 내용이 서론이며, 이에 대한 답이 연구방법이다. 그리고 『무엇을 발견했는가? 혹은 얻었는가?』에 대한 답이 결과이다. 그리고 『결과가 어떤 의미를 갖는가?』에 대한 답은 고찰에 해당한다.

기술논문이 IMRAD 형식으로 쓰여지는 이유는 과학기술이 발전해 온 속성과 탐구활동에서 찾을 수 있다. 연구자의 탐구 행위는 보통

- 질문을 만들고
- 실험과 분석으로 해답을 얻은 후
- 결과로부터 의미를 찾는 과정으로 이루어진다.

보고서는 한 활동 주기의 결과물이다. 새로운 사실을 탐구하는 과정과 결과가 동료 과학자들로부터 검증 받을 때, 저자의 주장은 사실로서 인정된다. 과학기술은 이런 반복과정으로 발전한다. 그러므로 연구활동 과정, 결과와 해석이 보고서에 논리 정연하게 반영되어야 독자가 이해하기 쉽다. 독자에게 이해되어 이용되는 지식만이 과학발전에 기여한다. 이런 측면에서 보면, IMRAD 구성은 독자(과학·기술자)의 편의를 위해서 완성된 기술논문의 작성법이라 할 수 있다.

학술논문이 IMRAD 형식을 갖추기 시작한 것은 Pasteur의 병원균에 대한 분석적인 보고서부터라 한다.

Pasteur는 병은 자연발생적으로 생긴다고 믿던 사람들에게 병원균이 질병의 원인이라는 사실을 설득하기 위해서 실험방법과 관찰결과를 논리적인 검증절차를 거쳐서 상세히 설명하여야 했다. 그 이전에 씌어진 논문은 대체로 탐구활동의 순서를 “내가 ..을 처음 보았다. 그리고 다음에는 ...을 관찰했다.”라는 형태로 서술하였다. 현재 학술지의 단논문(letter)은 과거의 서술식 형태이다. Pasteur의 병원균 이론은 동료들의 재현실험으로 검증된 후에 새로운 사실로 인정되었고, 이후 의학발전의 초석이 되었다. 이처럼 『실험의 재현성』은 과학철학의 기본으로 자리잡게 되고, 과학 논문의 원형이 되었다.

2차 대전 이후 급증한 연구투자는 과학과 기술을 빠르게 발전시켰으며, 이 과정에서 학술논문의 종류와 수가 크게 팽창하였다. 이에 따라 학술논문의 투고량도 적기에 처리할 수 없을 정도로 폭증하였다. 편집자들이 논문을 가능한 간단 명료하게 쓰도록 강요함에 따라서 IMRAD 형식이 자리잡았다. IMRAD 형식은 편집자와 심사자뿐만 아니라, 저자에게는 기술논문작성의 이정표(roadmap)로 그리고 독자에게는 빠르고 효율적으로 내용을 파악할 수 있는 정형이 되었다.

2. 논리전개의 유형

기술논문은 저자와 독자간의 의사소통 수단이다. 따라서 읽는 사람들이 쉽고 빠르게 이해할 수 있도록 써야 한다. 그러므로 내용이 잘 소통되도록 하려면 당연히 효율적인 구성형식을 선택해야 한다. 우선 형식을 설명하기 전에 커뮤니케이션 과정에서 설득력 있는 논리전개 방법을 이해해야 할 필요가 있다.

커뮤니케이션을 시작하는 사람은

- 전달하려는 내용을 적절히 주장할 수 있는 능력
- 주장에 대한 증거나 합리적인 이유를 포착하는 능력
- 증거가 충분한지의 여부를 판단하는 능력

에 관련된 요소를 이해하고 자질을 갖추도록 훈련받아야 한다. 그리스의 철학자이자 수사학자인 아리스토텔레스(Aristotle)는 논리전개의 세 가지 방법을 가르쳤다.

- 첫째는 논리성과 이성적인 사리분별(logic & reason)로 설득하는 방법
- 둘째는 발표자의 인성과 신뢰성(character & credentials)으로 이해시키는 방법
- 셋째는 독자의 감정에 호소하는 방법이다.

아리스토텔레스 이후, 사람들은 자기 생각을 주장할 때 이 방법중의 하나 혹은 한두 가지를 혼합하여 사용해 오고 있다. 기술논문의 경우에 감정에 호소하는 방법을 취하면 설득력이 떨어지므로(오히려 금기시 됨) 대부분 논리성과 이성적 사리분별로써 설득하는 방법을 취하게 된다.

설득력 있는 논리전개 방식에는 크게 두 가지 유형이 있다. 하나는 사실에 대한 설명이고, 다른 하나는 정책적인 결론에 대한 주장이다. 전자는 “... 이다.”, “... 아니다.”로 표현하거나, 혹은 사실, 필요성과 합리성 등을 긍정하거나 부정하는 문장이 된다. 후자의 경우는, “...을 해야 한다.” 혹은 “...을 하지 말아야 한다.”는 문장의 형태를 취한다.

3. 사실 설명의 논리전개

실험·관찰 활동의 결과는 (i) “... 이다.” 혹은 “... 아니다.”라는 사실 묘사와 (ii) 밝혀진 내용에 관하여 “... 필요하다.”, “... 필요치 않다.”, “... 적절하다.” 혹은 “... 부적절하다.”는 문장으로 마무리되는 유형이 사실 설명의 논리전개이다. 좀더 구분하면, 대체로

- 존재(existence)에 대한 물음
 - 정의(definition)에 대한 물음
 - 질(quality)에 대한 물음의
- 답이나 의견으로 분류할 수 있다. 존재에 대한 질문

은 논리성에 의거하여 질에 대한 질문으로 연결되기도 한다. <표 1>에 각각의 예를 설명하였다. ‘제조공장에서 오염물질을 하천으로 방류하는 것을 중단시켜야 한다’는 주장을 하려면, 먼저 오염물을 방류한다는 사실을 언급하고 이 행위는 규정에 위반되기 때문에 옳지 않다는 결론으로 이어져야 논리적이다. 이런 주장을 펴는 과정에서 주제의 연결부분에서 논리성이 결여되면, 주장하는 바가 설득력이 없고 그런 논쟁은 성공할 수 없

표 1. 사실에 관한 설명 방법

- 존재에 대한 물음 : “...이다.” 혹은 “... 아니다.”
 - 예 1) 소련군이 쿠바에 주둔하는가?
 - 예 2) 1020 탄소강에 결함이 있는가?
- 정의에 대한 물음 : 존재한다면, 어떤 의미인가?
 - 예 1) 소련군이 쿠바에 주둔한다면, 이들은 교관인가, 자문관인가, 혹은 전투부대인가?
 - 예 2) 1020 탄소강에 결함이 존재한다면, 공공인가, 전위인가 혹은 기포인가?
- 질에 대한 물음 : 존재와 한계가 명확하면, 어떻게 평가하는가?
 - 예 1) 쿠바에 소련군이 교관과 자문관으로 파견되었다면, 정당한가, 필요한 것인가, 혹은 적정한 수인가?
 - 예 2) 1020 탄소강에 공공과 전위가 존재한다면, 얼마나 어떻게 분포되어 있는가?

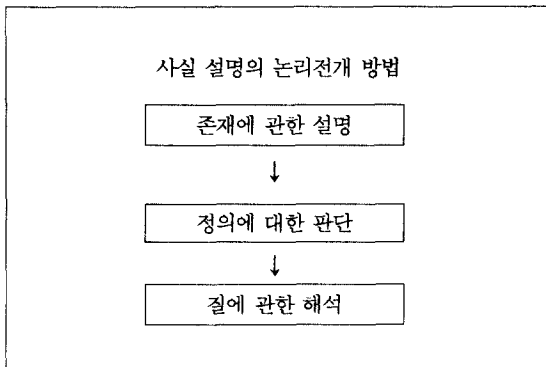


그림 1. 사실에 관한 논리를 효과적으로 전개하는 과정

다. 이와 같은 사실 설명에 관한 논리전개 과정을 그림으로 표현하면 <그림 1>과 같다.

4. 정책 설명의 논리전개

정책 설명이란 어느 사실에 대한 결정을 위해 “...을 해야 한다.” 혹은 “...을 하지 말아야 한다.”는 문장으로 주장하거나 제안하는 내용을 의미한다. 주장하는 바가 정책으로 선택되려면 선택 기준 측면에서 장점의 유무 부분에 설득력이 있어야 한다. 그러므로 논리전개의 주제는 가치(worth), 선(goodness), 편의성(expedience), 이점(advantage) 혹은 실용성에 관련된 문제들이 된다. 크게 두 가지로 구분하여 각각의 예를 <표 2>에 기술하였다.

과학기술의 궁극적인 목적이 인간의 복리·후생과 경제적인 풍요에 있으므로 기술논문은 대부분 후자의 편의성과 실용성의 경우를 취한다. 사람들은 자기에게 이득이 있을 때 설득을 당하거나 행동을 취하기 마련이다. 한 회사가 자사 제품의 판매를 증대시키려는 전략을 예로 들면, 먼저 제품에 대한 정확한 평가를 주장하기보다 편의성이나 이점을 강조해야 할 것이다. 이

표 2. 정책에 관한 설명 방법

- 가치나 미덕에 관한 문제 : 필요한 조치와 수행방법의 제안
 - 예 1) 소련군이 쿠바에 파견할 권리가 있으므로, 미국은 이에 대해 합의하면 안 된다.
 - 예 2) 철강재료에 전위밀도가 높으면 강도가 높아지므로, 구조용 소재는 소성가공을 해야 한다.
- 편의성, 이점 및 실용성에 관한 문제
 - 예 1) 미국은 소련군의 쿠바 주둔을 동의해야 한다. 이런 협약을 해 두면, 미군이 소련국경에 주둔시킬 명분을 강화시킬 수 있기 때문이다.
 - 예 2) 구조용 철강재료는 소성가공을 해야 한다. 소성가공을 하면, 전위밀도가 높아져서 강도가 올라가기 때문이다.

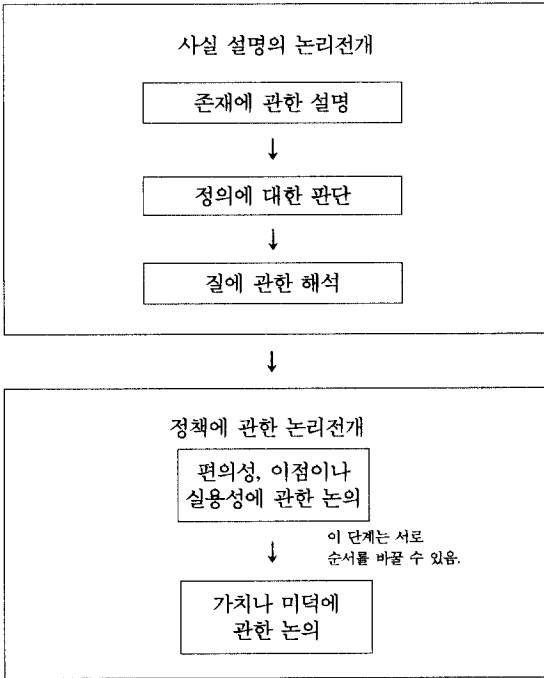


그림 2. 효과적으로 논리를 전개하는 형식도

런 측면에서 순수과학도 응용공학과 거의 차이가 없다. 순수과학의 결과도 동료 과학자들에게 흥미가 있어야 커뮤니케이션으로서 의미가 있다. 한 예로, 새로운 이론도 자연현상을 설명하기에 편리하다거나 더 나은 것 이라야 한다.

5. 사실과 정책 제언의 논리전개

현실 사회에서 일어나는 주제는 항상 <표 1>과 <표 2>에 제시된 예처럼 사실 혹은 정책만을 다루는 것은 아니다. 오히려 두 유형이 합쳐진 형태를 취하여 논리성을 강화시키는 경우가 더 많다. 정책을 서술하더라도, 사실에 대한 논리를 전개하여 정책 선택이나 제안의 설득력을 높이는 경우가 많다. 두 가지 논리전개 유형을 조합하여 일반화하면, <그림 2>처럼 형식화가 가

능하다.

기술논문에 <그림 2>의 모든 요소를 포함해야 하는 것은 아니다. 논문의 목적과 내용에 따라서 항목을 취사선택할 수 있다. 사실만을 설명하는 논문이라면, 정책의 논리전개까지 갈 필요도 없다. 반대로 결론을 주장하여 설득하려는 논문에서는, 앞부분(사실 설명)을 잘 설정하여야 한다. 그리고 독자층이 이미 동의하는 내용을 취급하는 경우에는, 앞부분에 지면을 많이 할애할 필요는 없을 것이다.

6. 기술논문의 IMRAD 구성

논쟁의 형식과 논리적인 연결고리를 정했다면, 기술 논문을 어떻게 구성하는 것이 가장 효과적일까?

“무엇을 어느 곳에 배치할까?”에 관하여, <표 3>에 설명하였다. 이런 구성은 그리스·로마 시대에 유행했던 공개토론과 법정 싸움에서 개발되었고 지금까지 널리 쓰이고 있다. 이는 심리적으로 가장 만족스럽고 과학기술계에도 정형화된 형식으로 바로 IMRAD 형식의 원형이다. 이 형식은 논리성이 매우 엄격한 과학기술 커뮤니케이션에 특히 쓸모가 많다. 이와 같은 논문구성 형식을 이해하면, 좋은 기술논문을 작성하는 도구를 준비하는 셈이다.

<표 3>의 요소를 학술지의 논문작성 요령과 결부시키면 다음과 같다.

I의 문제점 제시는 서론(I)에 해당한다. II는 항상 필요한 부분은 아니다. 그러나, 결과를 도출한 방법의 신뢰성을 서술하는 부분이므로 실험방법(M)에 해당한다. III은 신뢰할 수 있는 방법으로 관찰한 결과로서 재현성이 검증된 내용이 기술되는 부분이다. 기술논문에서는 결과를 요약의 형태로 기술하고 상세한 데이터는 첨부물로 처리하는 경우도 있으나, 표와 그림으로 제시하는 예가 많다. 어떤 방식을 선택하느냐는 논문의 종류,

표 3. 사실설명과 정책적 주장이 조합된 논리전개 패턴

- I. 문제점 - 서론(Introduction: I)
- 독자의 관심을 주제의 문제점으로 유도함.
- II. 신뢰성/전문성 - 실험방법(Method: M)
- 저자가 I의 주제를 다룬만한 전문성이 있음을 서술
 - 독자에게 신뢰를 주고 독자와 관심사항, 자세 및 경험을 공유
 - 문제점 해결을 위한 전문적인 접근방법
- III. 의견/해답 - 결과(Results: R)
- 주제에 대한 의견/해답을 간략하게 요약함.
 - 의견/해답에 대한 이유를 간략하게 변호함.
- IV. 배경(B)
- 역사성이나 원인 등으로 문제의 속성을 지적함.
 - 문제가 독자와 어떤 관련이 있는지 설명함.
- V. 의견/해답에 대한 논쟁 - 고찰(Discussion: D)
- 판단의 기준을 설명함 : 필요시 답을 만족시켜야 할 표준이나 특징
 - 의견/해답을 증거로써 설명함.
 - 제시한 의견의 타당성을 증명함 : 충분한 증빙자료를 제시할 위치임.
 - 상반되는 의견이나 답이 있으면, 그것의 부족한 면을 제시하거나 저자 의견의 우월성을 제시함.
- VI. 결 론
- 의견이나 해결책을 받아들일 경우의 이점을 간략하게 설명하거나, 그렇지 않을 경우 예상되는 불리한 사항을 서술함.
 - 주장을 요약함 : 제안 의견/해결책과 제안 사유를 재설명하여 주장이 받아들여지도록 강조함.

저자의 기호 혹은 전문분야의 관습에 따른다. 또한 학술지는 특별한 양식을 요구한다. V는 결과에 대한 고찰 부분으로, IV에 제시된 배경(대체로 과거에 밝혀진 사실)과 대비한 분석의 형태를 취한다. 이런 이유로 IV는 생략되거나 V에 포함되기도 한다. 마지막으로 VI는 독자가 이해하기 쉽도록 중요한 사항을 요점으로 다시 정리하는 부분이다.

앞에서 언급한 바와 같이, 기술논문이 <표 3>의 모든 요소를 갖추어야만 하는 것은 아니다. 내용과 주장의 초점에 따라 가장 효과적인 요소들을 선택하거나 필요한 내용을 첨가하는 경우가 허다하다. 초록을 앞 또는 뒤에 첨부하는 관습이 좋은 예이다. 참고문헌(References)과 부록(Appendix)도 이에 속하며, 과거에는 논문심사자의 논평(Comments)이 첨부되기도 했다. 감사의 글(Acknowledgment)도 마찬가지이다.

또한, 검증된 사실을 간단 명료하게, 가능한 직설적으로 표현하는 것이 기술논문의 중요한 특징이므로, 수식어의 사용은 그다지 중요치 않다. 오히려 글의 뼈대인 형식에 내용을 효율적으로 채우는 것이 더 중요한 일이다.