

창의적 문제 해결 기법의 물리적 모순 해결에 의한, 초절수형 양변기 시스템의 설계

이홍석*, 이경원**

Design of Super Water-Saving Toilet System by Solving Physical Contradiction in Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ)

Lee, H. S.* and Lee, K. W.**

ABSTRACT

This paper describes the design process of super water-saving toilet bowl system by the theory of inventive problem solving (TRIZ). The physical contradiction in TRIZ is defined for saving water in toilet bowl system with preventing the bad smell from septic tank. The super water-saving toilet bowl system is obtained by using the separation principle in time for resolving the physical contradiction. The real system is made using CAD tools. The consumption of water in the system implemented, is estimated about 3 l comparing with 13 l of that in conventional toilet bowl system.

Key words : Theory of inventive problem solving(창의적 문제해결이론), TRIZ(트리즈), Water-saving toilet bowl(절수형 양변기), CAD(컴퓨터 원용 설계)

1. 서 론

고정 관념을 타파하는 방법, 공학적 모순을 해결하는 방법, 시스템의 기능에 대한 분석과 문제를 창조적으로 해결하는 표준적인 방법, 차세대 제품 및 차세대 프로세스의 개발, 경쟁 회사의 특허를 회피하는 체계적인 방법이 있다면 공학 설계를 담당하고 있는 설계자는 누구나 배워서 실제 설계에 도입하고 싶은 욕망을 느낄 것이다.

이상과 같은 해결 방법을 가장 공학적으로 접근한 사람이 있다. 제2차 세계대전 직후, 소련 해군에서, 특허 업무를 담당하고 있었던 Genrich S. Altshuller는 창조성을 높이는 방법을 알아내기 위하여 약 40만건의 특허를 분석하여 체계적인 방법을 찾아내었다.

Altshuller는 1946년 20세의 젊은 나이에 이러한 활동을 시작하였다. 수 많은 특허를 통계적으로 분석하여 도출한 정보를 이용해서 창의적으로 문제의 해결책

을 도출하고자 하는 과학적이고 체계적인 접근 방법이 TRIZ이론이다. "TRIZ"는 창의적 문제해결이론을 의미하는 러시아어 머리문자를 쓴 것이고, 영어로는 "Theory of Inventive Problem Solving"라고 한다. 구 소련 시대부터 소련 내에서는 TRIZ에 대한 교육이 초등학교로부터 대학에 이르기까지 계속되고 있으며, 여러가지 공학적 문제를 해결하는데 TRIZ를 활용하였다. 이 이론이 서방측에 본격적으로 전해진 시기는 페레스트로이카를 계기로 해 구 소련의 TRIZ전문가나 기술자가 해외로 나온 때부터이다. TRIZ에 관한 문헌은 다수 존재하지만 대부분이 러시아어로 쓰여져 있어서, 이 이론이 아직 널리 알려지는데 걸림돌이 되고 있다고 생각된다.

TRIZ를 이용하여 Microsoft, GE, Ford, Boeing, Xerox 등 미국의 우수 기업들이 상품개발에 적극 나서고 있고 좋은 결과를 얻고 있다. 국내에는 1996년 소개되어 대기업체와 대학에서 이를 도입하여 제품 개발 단계에서의 공학적 문제 해결 및 창의적 기계설계 교육에 활용하기 시작하였다^[1].

본 연구는 TRIZ 이론을 이용해서 초절수형 양변기 시스템을 설계, 제작하였다. 여기에서는 TRIZ의 가장

*한국산업기술대학교 기계설계학과
**정회원, 한국산업기술대학교 기계설계학과
-논문투고일: 2001. 3. 26
-심사완료일: 2001. 5. 14

기본이 되는 문제정의, 이상적인 최종결과, 물리적 모순, 기술시스템의 발전법칙이 적용되었다.

2. 초절수형 양변기의 개념설계안

2.1 문제정의(Problem Definition)

Altshuller는 “창의력이란 문제를 정확하게 기술하는 솜씨에 달려 있다.”라고 했다. 그리고 많은 문제들이 문제를 정확하게 기술하면 저절로 해결되기도 한다고 말한다. TRIZ에서의 문제 정의 방법의 특징은 다음과 같다.

- 1) 문제를 분석하여 시스템을 개선할 것인지 새로운 시스템으로 대체할 것인지 결정한다.
 - 시스템의 개선 : 시스템이 본래의 기능은 완벽히 수행하나 부작용을 일으키는 경우
 - 시스템의 대체 : 시스템이 본래의 기능을 불충분하게 수행 할 때
- 2) 문제를 완전히 일반적인 용어로 풀어서 기술한다.
 - 고정관념을 깨트리고 사고의 폭을 넓히기 위한 바탕이 된다.

누구나 느끼고 있듯이 화장실 양변기는 물을 많이 사용한다. “물 절약”하면 양변기 물통에 벽돌 넣기를 연상할 것이다. 양변기의 기본 작동원리는 Fig. 1과 같다²⁾. 이 외에도 약간 변형된 형태의 젯트 사이펀 방식이 있으나 기본 원리는 같다. 또한 철도차량과 항공기의 흡입방식과 포세식(거품방식)은 별도의 동력과 첨가제가 요구되기에 일반 가정용으로는 부적합하므로 여기서는 논하지 않는다.

일반적인 양변기는 1회 작동 시, 약 13l의 물을 소비한다. 양변기의 장점은 항상 물을 저장하고 있어 배출구에서 올라오는 정화조의 악취를 차단해 주고 용변이 양변기 표면에 잘 묻지않아 청결하다. 이는 기본구조를 트랩형상으로 함으로써 실현된 것이다.

그러나 단점은, 용변을 트랩 구조를 넘기기 위해서 배출 시 막대한 물을 소비하게 된다는 것이다. 최근 절수형 양변기나 물탱크에 설치하는 절수기구로 6~7l 정도로 줄이는 것이 가능해 졌으나 이것들은 “벽돌 넣기” 식의 방법으로 이상적인 해결책이라 볼 수 없다.

Fig. 1에서 기존 양변기의 구성을 보면, 변기본체(①), 내부에 형성된 배출구(②) 및 물탱크(③)로 구성되며 (a)상태부터 (e)상태까지 작동을 순환하게 된다.

따라서 더욱 더 물을 절약할 수 있는 새로운 양변기가 필요하다.

우선 문제를 분석해보면, 양변기는 현재 본래의 기

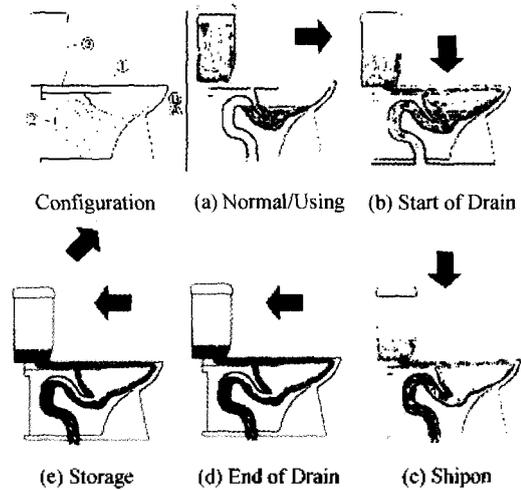


Fig. 1. Operating method of general toilet bowls.

능을 충실히 수행하고 있다. 다만 물을 많이 소모한다는 부작용을 일으키고 있는 것이다. 그러므로 양변기의 기본 원리를 유지하고 개선하는 것이 바람직하다. 이를 바탕으로 문제를 정의한다.

“양변기는 악취를 막기위해서 ‘S’자의 구부러진 배관모양을 하고 있다. 고인 물은 악취를 잘 막아낸다. 그러나 용변을 내려보낼 때는 많은 물을 한꺼번에 부어 강제로 내려보내야 한다. 악취를 막기위해 구부러진 배관구조를 가지면서도 적은 물로 용변을 내려보낼 수 있는 방법이 필요하다.”

TRIZ이론에서는 전공 용어대신에 문제를 이렇게 “...하다.”라고 평이한 용어로 풀어 쓴 문제 기술을 필요로 한다.

2.2 이상적인 최종결과(Ideal Final Result)

어떤 문제에 대해 동화 속에서나 가능한 이상적인 결과와 이상적인 해결책을 상상함으로써 심리적 장벽인 고정관념을 무너뜨리고 혁신적인 문제 해결책 (Solution)의 실마리를 발견할 수 있도록 해 준다. 혁신적인 사고는 잘 다듬어진 상상력에서 나온다. 실제로 러시아의 TRIZ School에서는 ICI(Improvement Creative Imagination, 창조적 상상력 향상) 과정을 운영하고 있는데, 상상력 수준을 평가하고 이를 향상시키기 위한 노력을 하고 있다³⁾. 상상력은 TRIZ의 활용에 있어 중요한 열쇠가 될 것이다.

본 문제에 대해 이상적인 최종결과와 이상적인 해결책을 다음과 같이 상상했다.

“양변기에 필요한 최소한의 물의 양은 얼마인가? 향

상 고여 있는 물의 양은 약 2.5 l이다. 만일 이상적인 어떤 방법으로 용변과 물을 바로 내려보내고 변기표면을 약간의 물, 0.5 l로 세척한다면 3 l의 물만을 사용하면 된다.”

“이것을 만족시킬 수 있는 이상적인 방법은? 물을 저장고 하기 위해서 “S”자의 구부러진 배관구조가 있지만 용변을 내려보낼 때는 없어지면 된다. 즉, 필요에 따라 트랩구조가 있다가 없어지면 된다.”

2.3 물리적 모순 (Physical Contradiction)¹⁴⁾

어떤 시스템 내부의 한 부분이 목적으로 하는 작동을 하기 위해서 필요한 특징이 다른 작동을 할 때는 그와 반대 되는 특징이 있어야 하는 것. 즉, 서로 상반되는 특징을 동시에 만족시켜야 할 때 이것을 TRIZ에서 물리적 모순이라 한다.

TRIZ에서는 모순을 분명히 하고 그 모순과 타협하지 않고 극복해 나갈 수 있는 다양한 도구(Tools)들을 제공한다. 물리적 모순의 전형적인 해결책은 “모순적 요소는 시간적, 공간적으로 분리할 수 있다.”이다.

본 문제의 이상적 최종결과를 바탕으로 물리적 모순을 다음과 같이 정의했다.

“악취를 막기 위해서는 트랩구조가 있어야 하고 물을 적게 사용하여 내려 보내려면 트랩구조가 없어야 한다.”

이 물리적 모순은 모순 요소(Control Parameter)를 시간적으로 분리하는 것이 가능하다. 즉, 트랩구조가 있어야 되는 시간과 없어야 되는 시간을 명확히 구분할 수 있다. 여기에 이상적 해결책을 바탕으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

“양변기의 배출구는 항상 물을 저장하기 위해 트랩구조를 형성하지만, 사용 후 용변 배출 시에는 트랩구조를 상실하고 배출과 세척이 끝나면 다시 트랩구조를 형성한다.”

이렇게 물리적 모순은 시간적으로 분리하면 극복되고 문제 요구를 효과적으로 해결하는 실마리를 제공한다.

2.4 기술시스템의 발전 (Technical System Evolution)

TRIZ에서는 기술시스템이 다음과 같이 4단계로 발전한다고 하고 있다.

- 1) 전체를 시스템을 만들어 내기 위한 부분장치의 선택
- 2) 부분 장치들의 개선
- 3) 동적인 시스템으로의 전환
- 4) 자동으로 발전하는 시스템

이러한 패턴을 기준으로 문제 시스템의 현재 발전 단계를 알 수 있고 앞으로의 발전단계와 방향도 예측할 수 있다.

본 문제의 양변기 경우를 조사해 보고 현재의 양변기는 출현한 역사에 비해 이제 겨우 2단계에 머물러 있음을 쉽게 알 수 있었다. 초기 양변기가 출현할 때의 구조에서 거의 개선이 없이 일부 부품들의 개선만이 있어 왔다.

이 분석을 통해 양변기는 3단계 동적인 시스템으로의 전환이 필요하다는 것을 알 수 있다.

“동적인 시스템으로의 전환”이란 딱딱한 것을 부드럽게, 고정적 형상을 유연하게, 환경이나 목적의 변화에 따라 장치들이 변화할 수 있게 되는 것을 의미한다.

본 문제의 최종적인 해결책이 여기에서 다음과 같이 도출되었다.

“양변기의 배출구는 물을 저장하기 위해 트랩구조를 형성하고, 용변배출 시에는 트랩구조를 상실하여 사이편 작용이 없어 바로 배출해낼 수 있어야 한다. 즉 배출구가 목적에 맞게 유연하게 대처해 주어야 하는데, 트랩구조의 형성과 상실을 자유로이 구현할 수 있는 방법은 배출구에 Flexible Tube를 설치함으로써 가능할 것이다. Flexible Tube를 트랩의 굴곡형상으로 해

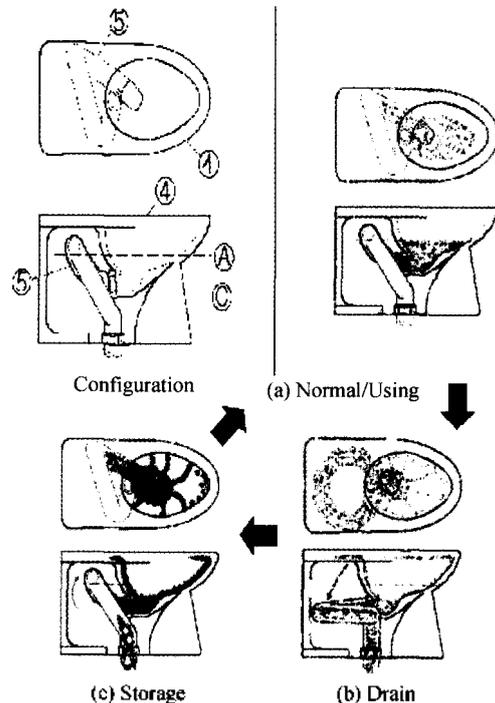


Fig. 2. Operating method of new water-saving toilet bowls.

두어 트랩기능을 수행하고, 굴곡부의 높이를 배출구 높이보다 낮게 해줌으로써 사이편 작용 없이 바로 배출 기능을 수행하게 하는 것이 가능하다.”

Fig. 2는 본 문제의 최종적인 해결책을 적용한 새로운 초절수형 양변기 구조의 개념 설계안을 나타낸다⁷⁾.

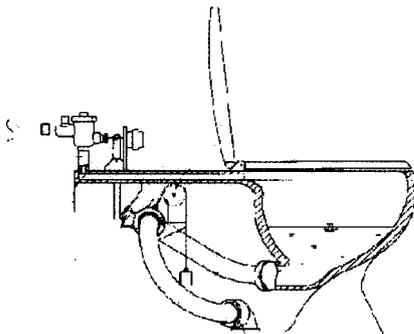
Fig. 2에서 새로운 절수형 양변기의 구성을 보면 변기본체(④), Flexible Tube(⑤)으로 구성되며 (a)상태부터 (c)상태까지의 동작을 순환한다.

즉, 양변기의 물을 내리는 조작회전기구의 회전에 연동하여 트랩구조를 내렸다가 다시 올리는 구조의 새로운 절수형 양변기의 개념설계 안을 Fig. 2처럼 얻게 된다.

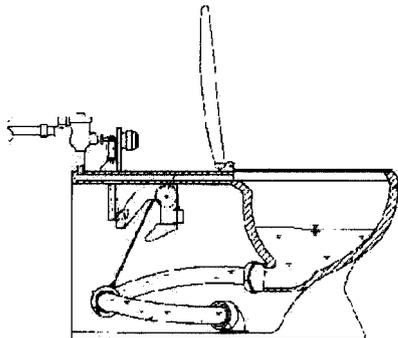
3. 초절수형 양변기의 시제품 제작 및 실험

3.1 시제품 설계

본 연구를 통해서 얻어진 새로운 절수형 양변기의 개설계안에 대해서 AutoCAD 등, CAD시스템의 도움



(a) Normal: Up Configuration of the Tube



(b) Drain: Down Configuration of the Tube

Fig. 3. Down & Up configuration of the flexible tube in super water-saving toilet system.

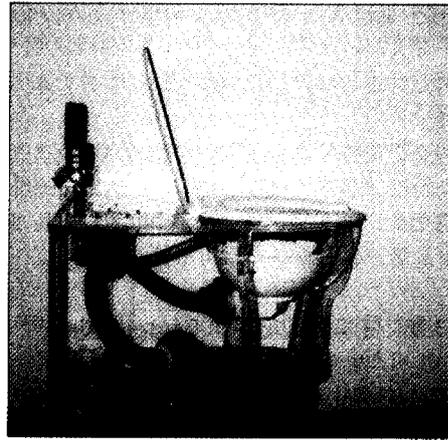


Fig. 4. Real prototype of super water-saving toilet system.

으로 시제품을 Fig. 3, 4처럼 상세 설계, 제작하였다.

Flexible tube작동 구조 설계에 창의적 문제해결 기법의 난쟁이 모형화(MMD Modeling with Miniature Dwarfs)란 기법을 사용했다. 이는 사고하는 데 별도의 부가장치를 쓰지 않고 아주 미소한 난쟁이 마술사가 있어서 스스로 작동하는 경우를 상상하도록 유도한다³⁾. 물의 미소한 부분들, 난쟁이 여러 개가 스스로 원하는 운동을 할 수 있는 구조를 생각하게 한다.

여기서는 Flexible Tube의 내림과 원상 복귀의 구동을 별도 펌프, 모터의 부가 장치 없이, 물이란 미소 입자의 난쟁이 마술사에 의해서 스스로 구동되는 구조를 생각해낼 수 있도록 유도한다. 즉, 물의 무게만으로 Flexible Tube가 밑으로 내려가고, 물이 빠지면 용수철이나, 균형추의 간단한 기계요소를 사용해서 Flexible Tube가 스스로 복귀되는 구조의 아이디어 도출을 도와 준다.

양변기의 Ball(용변과 물을 담아 두는 등그런 부분)은 FRP 로 제작되었고, Flexible Tube는 PVC 호오스를 활용하였다. 3 l만의 물을 배출시키기 위해서, 소량의 물을 사용하는 화장실의 소변기 Flush 밸브를 활용하였다. 이로써 모터, 펌프 등의 별도의 구동장치를 사용하지 않으며 양변기내 물의 자체 무게만으로 Flexible Tube가 내려갔다가 물이 빠진 후, 반대쪽 균형추의 무게에 의해서 썬이소처럼 저절로 올라오는 시제품이 구현되었다. 이 시제품은 양변기의 별도 물통(10 l)이 없어서 변기의 외형 크기도 2/3로 줄여진 콤팩트한 구조가 된다.

3.2 시제품의 실험

제작된 시제품의 절수 성능면에서 1회 양변기 용변

배출 시, 사용되는 물의 양은 기존 양변기는 13l, 종래 절수형 양변기는 6~7인 것에 비해, 3l로 혁신적으로 절약됨을 확인할 수 있었다.

또한 부가적으로, 양변기에서 나는 소음이 기존 양변기에서보다 10 dB(1/3 정도의 소음) 정도가 줄어들음을 확인할 수 있었다. 기존 양변기는 S 트랩의 턱을 용변과 함께 많은 물을 넘기기 위해서, 공기가 같이 흡입되면서 큰 소음이 발생된다. 양변기 뚜껑을 덮고 양변기 뚜껑에서 높이 1.5 m 위에서 소음을 측정하면 75 dB가 측정되었다. 그러나 새로 만들어진 초절수형 양변기는 물을 혁신적으로 적게 사용하고 S 트랩이 용변 배출 시 아래로 조용히 내려오므로 소음이 65 dB로 감소되어 측정되었다. 이는 우리나라의 아파트 화장실의 위, 아래 바닥의 흡음 설계가 제대로 안된 화장실의 생활 소음 감소에 도움이 될 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 창의적 문제 해결이론(TRIZ)의 물리적 모순 해결의 분리 원리를 적용하여 초절수형 양변기의 개념설계안이 도출되었다. 이 개념설계안에 대해서 CAD 시스템의 활용 등을 통해서 상세 설계되고 시제품이 제작되어 절수 효과 및 소음 감소 효과가 확인되었다.

창의적인 문제해결기법을 통해서 이 시스템은 양변기의 물통 아래의 위생도기로 고정된 S 트랩 구조의 고정관념을 깨고 Flexible Tube로 교체된 새로운 초절수형 양변기의 아이디어를 얻게 되었다.

만들어진 시제품은 절수 성능면에서 1회 양변기 용변 배출 시, 사용되는 물의 양은 기존 양변기는 13l, 종래 절수형 양변기는 6~7인 것에 비해 3l로써 절수 능력이 혁신적으로 개선되었고, 양변기에서 나는 소음도 10 dB(1/3 정도)나 감소되어 아파트의 위, 아래 층의 화장실 소음을 감소하는 데 큰 도움을 주리라 기대된다.

이 시제품은, Flexible Tube의 내구성 문제 해결과 양변기의 주요 부분이 위생도기로 구워져 위생 성능의

문제가 해결된다면, 가정에서 사용되는 전체 물의 27%를 소비하는 양변기 물을 혁신적으로 절약하고 화장실 소음 감소에 효과가 큰 상품이 될 수 있다.

참고문헌

1. 김영일, 이정원, "TRIZ 이론에 대하여," 기계저널, 대한기계학회, 제36권, 제6호 pp. 57-63, June, 1999.
2. 한국산업규격, "KSL 1551-1994 위생도기," 1994.
3. Salamatov, Y., *The Right Solution at The Right Time*, Insytec B.V., 1999.
4. 조형희 역, 트리즈, 현실과 미래사, 1998
5. 박영택, 박수동, 발명 특허의 과학, 현실과 미래사, pp. 85-93, 1999.
6. Altshuller, G., Shulyak, L. and Rodman, S., *The Innovation Algorithm*, Technical Innovation center, 1999.
7. 이홍석, 이정원, "창의적인 문제해결이론(TRIZ)을 이용한 새로운 절수형 양변기의 개념설계," 춘계 한국정밀공학회, 논문집(I), pp. 39-42, 2000.



이 홍 석

1993년~1999년 대양전기공업주식회사 전기 전자사업부 설계원, 품질관리팀장
 2000년~현재 한국산업기술대학교 기계설계공학과 제 1차 산업기반기술과제 "유연성배관을 적용한 구조 변경으로 절수가 가능한 양변기 개발" 연구원
 관심분야: 창의적 문제해결기법(TRIZ), 기계설계



이 경 원

1986년 서울대학교 기계공학과 학사
 1988년 한국과학기술대학교 기계공학과 석사
 1993년 한국과학기술대학교 기계공학과 박사
 1986년~1998년 LG전자 멀티미디어연구소 선임연구원
 1998년~현재 한국산업기술대학교 기계설계공학과 조교수
 관심분야: 기구학, 창의적 문제해결기법(TRIZ), 신기술 벤처창업