

생활 오배수를 이용한 중수처리 공급장치의 기술성 고찰

조정식[†], 이희완^{*}, 김홍민^{**}

한국건설기술연구원 화재및설비연구센터, 원라인테크^{*}, 원라인ST^{**}

Technical Considerations of Recycling Water Treatment/Supply Apparatus using Living Waste Water

Chung-Sik Cho[†], Hee-Wan Lee^{*}, Hong-Min Kim^{**}

ABSTRACT: The several water resources are showed recently the various pollution types due to the industrialization and the disarranged district development. The living waste water, plant waste water and so are contaminated continuously and the recycling water is concerned highly to save the cost and to improve the environment as the general people. The dust and the heavy metal in the air and the acid rain are contaminating the river water and the underground water. The clean environment is on the rise to the general people and is to be the social problems. There is going to complement and repair the water supplying and fire extinguishing pipeline to save the construction cost and improve the environment in the construction facilities parts. Therefore, in this paper the recycling water treatment/supply apparatus using the living waste water is considered technically and is raised on the practical uses.

Key words: Recycling water(중수), Waste water(오배수), Treatment apparatus(처리장치), Supply apparatus(공급장치), Technical considerations(기술성 고찰)

1. 서론

우리는 누구나 매일 2~3리터 정도의 맑은 물을 마셔야 하며, 실제로 우리의 몸은 70% 정도가 물로 구성되어 있어, 그중 10% 정도만 손실되어도 생명에 위협을 받는다고 한다. 이처럼 인간의 생활과 생체학적으로 물은 매우 중요하다. 그러나, 오늘날 주변의 수질환경을 둘러보면 수질 오염문제가 날로 심각해지고 있으며, 좋은 물, 맛있는 물, 깨끗한 물을 공급받고자 하는 국민들의 욕구는 날로 증대되고 있는 실정이다.

국내 각 상수원은 지역별 산업화 및 개발정도에 따라 오염특성이 달라 지역별로 오염물질의 형태가 다르게 나타나고 있다. 생활하수, 다양한 공장 폐수, 호수물의 부영양화 현상, 농약류의 종류 및 사용량 증가 등으로 인하여 수질이 악화되어 가고 있으며, 산업폐기물도 하천과 지하수를 오염시키고 있는 실정이며, 또한 대기 중의 분진과 중금속 등도 산성비와 함께 하천을 오염시켜 사회적 문제로 대두되면서 일반인들의 수질에 대한 관심이 더욱 고조되어 가고 있다.

또한, 기타의 건설설비 부분에서 기존의 시공방식에서 좀 더 획기적이고 날로 고조되어지고 있는 정수장 이후의 송수배관망과 소화배관의 시공방식을 보완 또는 개선하여, 시공비 절감과 환경을 개선하고 나아가 국가적인 예산절감을 도모하

[†] Corresponding author
Tel.: +82-31-369-0503; fax: +82-31-369-0540
E-mail address: cscho@kict.re.kr

는 데 의미를 찾을 수 있다.

2. 생활 오배수를 이용한 중수처리공급 장치

2.1 장치의 개요

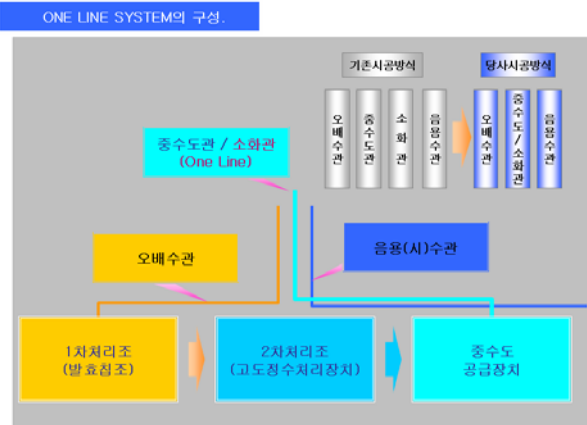


Fig. 1 Diagram of recycling water Treatment/supply apparatus

생활 오배수를 이용한 중수처리공급 장치는 특수 가공한 목재를 이용한 발효침의 1차 처리장치, 2차 고도중수처리장치, 그리고, 중수도배관과 소화배관을 별도로 시공하던 것을 하나의 배관으로 통합하여 공급하는 장치의 구성도를 보여주고 있다.(Fig. 1)

2.1.1 1차 생물학적 처리장치의 특징

1차 처리조인 발효침은 특수 가공한 삼나무, 소나무 등의 목재를 활용하여 물리적 처리를 하는 목평정화제이다. 발효침을 충전한 고도처리조에 오수를 배수하면 고액분리가 행해져 BOD원이 발효침에 흡착된다. 이때 흡착된 SS, BOD원은 발효침에 생식하는 수균, 수천종, 수억개의 미생물에 의해 완전히 분해되어 오·배수의 정화처리가 이루어진다.

형성된 생물막은 영양물질과 세균, 균류, 원생동물, 후생동물이 혼합되어 존재하는 하나의 생태계이며, 이중 세균이 오염물질의 제거가 중요하다. 생물막에는 세균이 가장 많이 존재하며 이들은 주로 대사작용에 의해 유기성 탄소화합물을 탄산가스와 물로 분해시킨다.

오수가 목편 여재에 형성된 생물막 표면을 통과하면서 용존 유기물은 생물막내로 확산되어 미생물에 의해 대사되며, 콜로이드상 유기물은 막표면에 흡착된 후 체외효소(Extracellular Enzyme)

에 의해 용해되어 이용된다. 막표면 근처의 미생물은 유기물 농도가 높기 때문에 빠른 성장을 보이나 생물막 표면 아래쪽은 유기물이 부족한 상태이다. 용존산소 역시 생물막 내부로 확산되어 호기성 대사에 이용되는데 생물막이 두꺼워지면 표면에서 산소가 소모되므로 혐기성층은 표면의 호기성층과 발효침 표면 사이에 생기게 된다.

2.1.2 2차 고도중수처리장치의 특징

2차 처리조인 고도중수 처리조는 적당한 다공질 물질을 통하여 현탁물질을 제거하는 장치로 침전으로 제거되지 않은 미세입자의 제거를 위한 장치이며, 발효침에서 1차 처리한 원수를 다층으로 충전된 여과기 내부로 통수시켜 현탁물질을 여상 표면에 퇴적시킴으로 통상의 정수처리로 제거할 수 없는 현탁물질, 이온·비이온성 용해물, 페놀류, 냄새 등의 제거에 적용, 당사 설비에서의 역할은 다음 단계인 젤 클리어의 수명 연장과 유기물 등의 탈색, 탈취, 잔류염소, BOD, COD, ABS 등의 물질을 제거하고, 원래 R/O의 원활한 운전을 위해 개발된 전처리 여재로 입자를 제거할 수 있는 탁월한 성능을 지니고 있다.

2.1.3 3차 중수도 공급장치의 특징

기존의 중수배관은 독립적으로 시공이 되어지고 있고 소화배관 역시 단독적으로 화재시 화재진압을 위한 목적으로 소화전까지 때로는 스프링클러까지 연결하여 시공되어지고 있다.

본 장치의 핵심적인 요소는 과거 중수도배관과 소화배관을 별도로 시공하던 것을 하나로 통합하여 하나의 배관(One Line)으로 시공한다는 데 있다. 평상시에는 화장실용수, 세척용수, 조경용수, 살수용수, 일반생활용 허드레물로 공급된다

비상화재 시에는 소화용수를 포함한 유량이 공급되도록 설계되어져 있으며, 화재시 화재진압용 소화용수를 절대적으로 공급하는 장치이다.

2.2 중수처리공급 장치의 특성

2.2.1 장치의 특징 및 장단점

이 시스템의 특징은 1단계에서는 미생물을 이용한 생물학적 처리방식을 이용하는 것으로 목편을 활용한 발효침조를 두어 수질처리성능을 개선하고자 하는 것이고, 3단계 중수 공급 장치 내의 소화배관과 중수도 배관을 통합하여 하나의 라인으

로 구성한 것이다. 전반적으로 동 방식은 기존의 방식에 비해 시공비와 유지관리비가 저렴하고, 설치면적을 최소화할 수 있는 것으로 보인다.

2.2.2 중수 처리장치의 특성

(1) 장치의 구성 및 장점

3단계의 처리과정중 1단계 처리조와 2단계 처리조의 수질목표 달성기준을 제시하였고, 3단계의 중수공급시스템은 기존의 시스템과는 달리 사용빈도가 낮은 소화배관과 중수배관을 통합하는 시스템으로 구성함으로써 설치비용을 최소화하도록 하는 것이 장치의 특징이다.

중수설비 처리공정의 상세도를 Fig. 2~Fig. 4에 각각 제시하였다.



Fig. 2 1st step treatment apparatus process



Fig. 3 2nd step treatment apparatus process

3차 중수/소화 용수 공급 장치 (3rd step water supply apparatus)

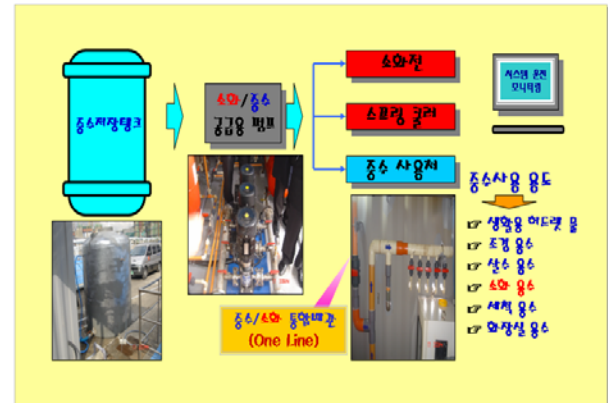


Fig. 4 3rd step treatment apparatus process

생물학적 처리방식의 일종인 발효침을 촉진한 고도처리조에 오폐수를 살수하면 고액분리가 행해지면서 BOD(생물학적 산소요구량) 원이 발효침에 흡착되며, 이때 흡착된 SS(부유물질), BOD 원은 발효침에 생식하는 미생물에 의해 분해되어 정화 처리하는 프로세스로 구성된다. 처리과정중 부패조는 유입된 오폐수의 농도에 따라 다단계로 차등 설계되며, 분뇨 및 생활 오폐수에 함유된 부유물질의 침전제거, 최종 침전조로부터 반송된 슬러지의 탈질화, 여러 종류의 미생물을 이용 유기물을 제거하는 반응조이고, 유량조정조는 발효침이 일정한 부하를 유지하도록 유량을 조정하고 부패조에서 유입된 오폐수를 2차 정화시키는 반응조이며, 발효침조는 크기별로 일정하게 촉진한 발효 침 담체의 미세공극에 다량 생식하는 미생물에 의해 발효, 분해, 소화, 소멸의 과정을 거쳐 고도 처리하는 반응조이다.

2단계 고도처리조는 통상적으로 종래 사용하는 방식을 그대로 사용하며, 1단계 처리조로부터 1차 정화된 오폐수를 S.P.F (Sand Filter)→ACT (Auto-Organic)→JEL-CLEER→자외선 또는 염소살균기 (Ultra Disinfection Unit)→Ultra Filter (최종필터)→중수탱크의 처리과정으로 구성되어진다. S.P.F는 다공성 물질을 통하여 현탁 물질을 제거하는 장치로 즉, 침전되지 않은 미세입자를 제거하는 장치이다.

3단계의 중수 공급 장치는 종래의 설비가 중수도배관과 소화배관을 별도로 시공하였던 단점을 극복하기 위하여 동 기술은 두 배관을 하나로 통합한 배관망으로 구성한 것으로 이를 통하여 시

공비의 절감은 물론 공기의 단축, 반영구적인 사용 등의 효과가 있으며, 평가대상 기술의 Unique한 특성을 갖는 부분이다.

(2) 장치의 독창성

본 장치는 1단계의 정화처리과정 중 목편 발효칩을 이용한 생물학적 처리조를 활용하여 1차 정화처리하고, 2단계에서는 정수수질의 성능을 높이며, 3단계의 정수된 중수도를 공급하는(기존 설비는 각각 시공함) 설비에서는 소화배관과 중수배관을 통합하여 구성함으로써 설비의 활용도를 배가시킨 것이 기존 기술과 크게 차별화된 동 기술만의 독창적인 특성이라 할 수 있다.

3. 중수처리 공급장치의 고찰

3.1 장치의 기술성 분석

일반적으로, 옥내의 소화배관이나 생활용수관, 음용수관은 상수 인입관을 통해 상수가 공급되거나, 상수가 물탱크에 임시 저장되었다가 소화배관이나 생활용수관 및 음용수관으로 공급하고 있다. 그러나, 상수가 중단될 경우, 소화시설은 물론 생활용수나 음용수가 물탱크에 저장된 물에 전적으로 의존하기 때문에, 생활용수의 부족은 물론, 화재 발생시에 무방비 상태가 되는 문제점이 있었다. 또한, 상수만을 공급원으로 하는 경우, 일회 사용으로 버려지게 되므로 물이 낭비로 인한 경제적 손실은 물론 환경오염에도 악영향을 미치고 있는 실정이다.

그리고, 현재 독립 시공되고 있는 중수배관과 소화배관을 통합사용할 경우 건축시공비의 절감은 물론 관리의 단순화에 따른 유지관리비용 감소는 명백한 사실이지만, 중수배관과의 통합배관 시공은 여러 시공상의 난점이 따르기 때문에 본 장치에서와 같은 중수도 설치와 그에 따른 중수공급배관과 소화배관의 통합시공이 하나의 대안이 될 수 있을 것이다. 즉, 한번 사용한 물을 재사용할 수 있는 중수공급배관과 화재대기 상태의 소화설비와 차별화하여 각각 시공을 함으로써 이에 대한 국민경제 부담을 개선할 수 있어, 중수와 소화용수를 겸용으로 사용할 수 있는 통합배관 시공방식이야말로 설득력이 있는 시공방법이라고 할 수 있다.

3.2 기술의 유지관리성 분석

중수배관과 소화배관을 통합 사용토록 함으로써 발생 될 수 있는 환경산업의 발전은 결국 국가가 해야 할 일들을 시행사 또는 시공사, 건축주가 함으로써 민간자본의 유치효과와 수질로 인한 환경오염을 방지하고 나아가 국민들이 요구하는 최적의 쾌적한 수질을 보장 할 수 있을 것이다.

기존의 시수 사용시 시수 저장조의 30%는 화재진압용 소화 절대용수로, 단수시 화재진압용 절대용수는 절대 급수 공급으로 전환 할 수 없게 되어있었다.

그러나, 중수도를 소화용수로 사용시 그러한 문제점들을 보완할 수 있고, 또한 기타의 용도에 따라 중수도를 생활용 허드렛물, 조경용수, 살수용수, 소화용수, 세척용수, 기타의 용수로 사용이 가능하고 시수 저수조와 중수 저수조가 구분되어져 있어서 소화용수는 언제든지 절대 용수를 보유하게 됨으로 이러한 통합배관 방식의 전환은 무한한 가치를 창출 할 것이다.

중수도의 목적이 물을 절약하는 것에 있으므로 어떠한 형태이든 사용한 물에 대하여 낭비를 막을 수 있는 용도로 이용된 물은 중수도에 포함이 되어진다.

중수도 설비의 확대 보급을 위한 정부의 노력도 중요하지만 제도의 입안과 설치자에게 조세감면 및 세제지원 기타의 설치자금지원 등의 혜택을 주어지게 함으로서 설비배관의 시공방식 개선과 함께 환경설비산업의 발전에도 기여 할 것이다. 또한 중수도의 확대 보급을 위해서는 하수 처리수, 공장 및 공단폐수, 우수, 하천수, 지하수 등의 원수 이용을 다변화하고 아울러 사용 용도의 범위를 넓혀야 할 것이다. 중수도의 이용은 시설물의 내부에서 소규모로 순환 이용하는 것이 주가 되어진다.

아울러 기존의 소화배관과 중수배관을 통합시공할 경우, 유량 및 양정 등의 설계방식 기존 중수도의 사용유량과 비상화재 시 필요한 유량을 합산하여 평상시에는 중수에 준한 운전모드로 중수공급이 이루어지다가 화재 시 중수사용량에 화재진압용 유량이 합산하여 부스터 펌프에 의하여 가능하고 또한 중수배관과 소화배관을 통합시공을 하게 되면 시공비의 절감과 건축 공기의 단축 및 시공 인건비 절감과 건물 내 공동구, 배관비

트의 축소로 인한 시공비의 절감 그리고 관리의 단순화로 유지관리가 용이 할 것이다.

3.3 통합배관 설비의 적용성 및 안전성 평가

3.3.1 통합배관 설비의 적용성

건축물에서 소화설비는 건물 내에서 거주하고 있는 사람들의 생활의 질적요건을 충족시키고 안전을 지키기 위한 중대 요소가 되고 있으며, 설비시스템의 복잡화 및 규모의 확대화에 수반되어 합리적인 설계, 정확한 유지관리와 경제적인 운전 등을 들 수 있다.

기존의 소화설비는 오로지 안전만을 위하여 시공되는 공법이지만 활용면에서는 화재 등 비상사태가 발생하지 않으면, 사용되지 않는 설비로 존재하게 된다. 이는 초기에 과다한 공사비용과 함께 건물의 설치공간 소요 및 유지관리상으로도 애로사항이 상존하는 것이 사실이다. 즉, 소화설비가 제대로 유지관리가 되지 않으면, 비상시에 작동되지 않을 수도 있을 것이다.

이러한 통합 배관시스템의 적용효과를 살펴보면, 건축자재의 절약과 환경오염을 방지하는 효과가 있고, 이로 인하여, 설계 및 시공적인 면에서 상당한 절감효과로 인하여 결국은 시공기간의 단축을 가져오게 된다.

- ① 기존의 소화설비는 오로지 안전을 위하여 시공되고 있지만, 그 활용면에서 화재 등 긴급상황이 발생하지 않으면 항시 대기하고 있는 상태로 정작 상황이 발생하였을 경우에 정상적인 작동에 대한 의구심도 들게 된다. 이는 수시로 그 기능을 확인하고 점검할 수 없기 때문으로, 통합배관시스템에서는 이러한 문제를 완벽하게 해결이 가능하여 그 적용성에서 우수하다고 볼 수 있다.
- ② 통합배관시스템이 기존의 소화설비시스템을 완전히 대체할 수 있고, 오로지 안전성만을 고려한 기존의 설비시스템 보다도 시공성이나 자재의 절약과 비용의 절감 등에서 유리한 것으로 분석되었을 뿐만 아니라, 운전과 유지관리의 면에서도 간편하기 때문에 적용에는 무리가 없어 보인다.
- ③ 통합배관시스템의 안전성 측면에서도 실증실험 결과 신뢰성이 우수한 것으로 확인되어 적용에 지장이 없을 것으로 판단된다.

- ④ 또한, 외국에서도 이에 대한 연구와 실적이 없기 때문에 새로운 기술의 개발로 인하여, 외국으로의 기술수출이라는 무형의 자산을 소유하게 되어 국가경제에 크게 이바지할 수 있는 계기가 될 것이다.

이는 적용되는 모든 건축물에서 자재비의 절약, 환경적인 수질오염 문제의 해결과 함께 공사기간의 단축, 하자의 발생요인에 대한 감소 등은 경제적인 면에서 파급효과는 실로 크다고 할 수 있으며, 파급효과를 몇 가지로 구분하여 분석하면 다음과 같다.

(1) 공사비용의 절약

건물의 신축공사에 본 통합시스템을 이용한 소화 및 중수도 공급배관을 적용한다면, 기계실 면적의 축소, 배관자재의 절감뿐만 아니라 이로 인한 건축비용의 절약과 시공기간의 단축과 아울러 모든 원자재, 인건비, 그리고 동력에너지를 비롯한 에너지의 절감 등 건축물 시공비의 약 1~1.5% 정도를 절감할 수 있게 되며, 중수도설비 및 소화설비 관련 부분에서는 25~35% 정도의 절감이 예상된다.

(2) 유지관리비용의 절약

앞에서 분석하였듯이 소화 및 중수공급 배관의 통합시스템의 운전은 각종 센서에 의해서 자동제어 패널의 자동운전으로 이루어지기 때문에 운전비용의 절감은 자명한 일이다. 더군다나, 펌프의 동작도 부하의 변동에 능동적으로 대처할 수 있는 인버터를 사용하고 있기 때문에 무리한 기동과 동작을 피할 수 있어 에너지의 이용 측면과 배관교체공사 비용절감 측면에서도 유리한 면을 보여주고 있다.

(3) 부대효과

본 통합배관시스템은 건축설비의 운전 및 유지관리가 한결 간편하도록 자동제어시스템을 구성하기 때문에, 건물 이용자 및 관리자 측면에서 손쉽게 접근할 수가 있다. 이는 관리자만이 건물을 유지하여야 한다는 고정관념에서 벗어날 수 있는 계기가 될 수 있다.

또한, 한결 간결해지고, 안전성 면에서도 여러가지의 경우를 고려하여 설계 및 시공, 운전되고

있기 때문에 설비기술을 한 단계 상승시키는 계기가 될 뿐만 아니라, 환경문제의 고려, 시공자재의 절약으로 수입 대체효과 발생, 소화설비의 안전성에 대한 확고한 신뢰 등이야말로 본 시스템의 기능상의 특징 외에 부대적인 효과라고 할 수 있다.

3.3.2 통합배관 설비의 안전성

소화 및 중수공급 배관의 통합시스템에서 긴급상황이 아닌 경우에는 일반적인 시스템의 운전과 큰 차별성은 없게 된다. 기존의 소화설비는 항상 비상을 위하여 별도의 설비로 대기한 채로 수년간을 작동하지 않은 상태로 있게 된다.

그러나, 여기서 거론하고 있는 통합시스템은 항상 대기하고만 있는 시스템을 가동체제로 유지하도록 한다.

(1) 각종 센서에 의한 안전대책

우선, 옥내 소화전이나 스프링클러에서 갑작스럽게 소화용수가 사용되는 배관내의 소화 설정압력이 최저 압력이하로 떨어지게 되면 자동으로 소화모드로 전환되는 경우가 하나의 안전대책이 될 수 있다. 배관 내에서 계속적으로 소화용수가 빠져나가게 되면 펌프셋트에서 펌핑이 가능한 수준까지 인버터를 이용하여 순차적으로 작동하게 된다.

(2) 수위 측정장치에 의한 안전대책

이 모든 동작은 소화용수 및 중수용수를 공급하기 위한 물탱크의 용량이 충분하고, 또 충분한 수량이 채워져 있어야 가능할 것이다. 탱크 내에 수위 측정장치를 통해서 항상 소화용수를 확보할 수 있도록 하며, 이에 부족시에는 자동제어 패널에서 경보신호로서 관리자에게 메시지를 보내 대처할 수 있도록 조치를 취하고 있다.

(3) 자동/수동장치에 의한 안전대책

중수용수 및 소화용수의 모든 동작과 공급은 일반적으로 자동상태에서 운전되고 있지만, 자동제어 패널의 일시적인 고장이나 오동작 또는 시험을 통한 동작의 확인 등이 생긴다면 보수하고 기능을 확인하는 동안에는 수동으로 동작이 가능하도록 설계하여 운전하고 있다.

(4) 정전시의 안전대책

자동제어 패널에 인입전력이 불시에 중단되어 자동제어 패널이 멈춘다면 아무리 좋고 기능이 확실한 시스템을 갖추고 있어도 무용지물이 되고 말 것이다.

이는 소화용수의 공급이라는 측면에서 간과할 수 없는 문제가 된다. 따라서, 단전시의 조치사항에 대한 고려가 있어야 하며, 이에 대한 조치야말로 안전대책의 우선이 될 것이다.

(5) 소화용수의 역류방지 및 충격대책

소화 및 중수용수를 통합한 배관시스템에서는 소화용수의 역류방지 및 충격방지용 체크밸브 및 충격방지 장치 등을 설치하고 있다.

4. 결 론

본 장치의 기술성 고찰은 다음과 같다.

- (1) 생활 오배수를 1단계로 목편을 이용한 발효 칩조를 통한 생물학적 처리 프로세스인 1차 처리장치와 2단계인 고도정수처리장치를 갖춘 2차 처리장치, 3단계인 중수도 공급설비 등 3단계에 걸쳐 정화 및 정수 처리를 하는 중수설비시스템으로 기술적 독창성이 있다.
- (2) 핵심적이고 차별화된 기술요소는 기존의 중수도 시스템이 중수도배관과 소화배관을 별도로 시공하였던 것을 하나로 통합하여 통합배관으로 시공하는 것이다.
- (3) 다음과 같은 시설에 적용이 가능하다.
 - 광역단위 처리시설
 - 개별 및 공동주택 단지내 개별중수처리시설
 - 마을단위 종말처리시설
- (4) 본 장치에 의한 파급효과는 다음과 같다.
 - 수질오염의 방지효과
 - 경제적인 효과
 - 절수 효과

참고문헌

1. Cho, C. S., 2006, Technical Evaluation of Recycling Water Treatment/Supply Apparatus using Living Waste Water, KICT