



## 지하수 유출량 및 함양량을 연속 계측할 수 있는 유입출 측정장치

대한민국특허 10-1252136

지하수와 하천수의 상호간 유입 및 유출량을 개별적으로 연속계측할 수 있도록 하여 인공함양 최적지 선정 및 인공함양 시스템 구축 등 지하수인공함양시 지속적인 모니터링이 가능한 기술이다

연구원(이봉주 박사)은 기후변화에 따른 지하수 자원의 평가 예측 기술을 개발하여 미래의 지하수 자원의 안정적 공급과 기후변동에 대비하여 지하수 자원의 개발량 평가와 안정적 수자원 공급시스템을 구축하고자 본 기술을 개발하였다.

연구원은 미래 국가의 물공급의 안정성 확보와 이상기후에 따른 물부족위기에 대처하고자 한다.

### [관련연구]

지구환경변화 대응 지하수 확보 통합솔루션 개발

### 개발자

한국지질자원연구원 지하수연구실 이봉주 박사

### [개발단계]

시제품 제작완료

### [Keyword]

지하수, 인공함양, seepage meter

담당자 : 홍준영변리사 jyhong@kigam.re.kr / 042)868-3805

# I. 기술소개

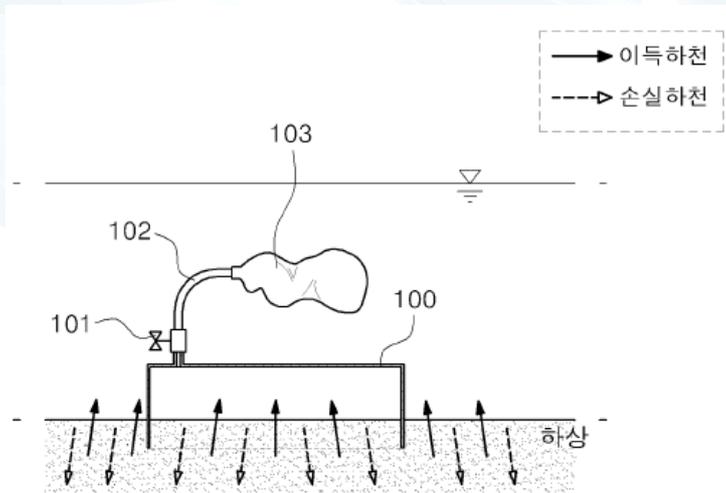
## 1 기술개요

- 지하수와 하천수의 상호간 유입 및 유출량을 개별적으로 연속계측 할 수 있는 측정 장치기술임
- 하천 혼합대에서의 지하수 유출량과 지하수함양량 변화를 2개의 원통형 수조 내의 수위 변화로 각각 유도하여 연속 계측하고, 하천수와 지하수의 상호간 유출입량의 변화를 수조내의 수위변화로 유도하여 지하수 유출량과 함양량을 계측할 수 있음
- 측정장치 내에 지하수 함양량 계측장치와 지하수 유출량 계측장치의 로드를 분리하여 구성함으로써, 지하수 함양량과 지하수 유출량을 분리하여 각자 독립적으로 계측할 수 있음

## 2 기술특징

### ■ 경쟁기술현황

- 지하수와 하천(지표수)의 상호작용을 정량적으로 평가하는데 seepage meter (유입출 측정기)가 사용되며,
- Lee(1977)에 의해 처음 제안된 seepage meter는 아래와 같이 한쪽이 막힌 드럼을 하상에 묻고, 드럼과 물주머니를 호스로 연결하여 seepage flux(지하수의 하천 유출 또는 하천수의 지하수 함양)를 측정하는 방식임
- 지하수가 하천으로 유출되는 이득하천의 경우에는 물주머니 물의 양이 증가하며, 하천수가 지하수로 함양되는 손실하천의 경우에는 물주머니 물의 양이 감소함.
- Lee(1977)가 제안한 seepage meter의 경우, 일정시간 경과 후에 물주머니 물 양의 증감량을 직접 측정하는 수동 계측 방식이어서 연속적인 자료 획득이 어려워 시간에 따른 seepage flux의 변화 양상을 파악하기가 어려운 문제점이 있음



경쟁기술대비 특징 및 장점

- 하천 혼합대에서의 지하수 유출량과 지하수함양량 변화를 2개의 원통형 수조 내의 수위 변화로 각각 유도하여 연속 계측,
- 하천수와 지하수의 상호간 유출입량의 변화를 수조내의 수위변화로 유도하여 지하수 유출량과 함양량을 계측할 수 있는 효과 있음
- 유입출 측정자치는 지하수 함양량 계측장치와 지하수 유출량 계측장치의 로드를 분리하여 구성함으로써, 지하수 함양량과 지하수 유출량을 분리하여 각자 독립적으로 계측할 수 있는 효과

기존 기술

- 한쪽이 막힌 드럼을 하상에 묻고, 드럼과 물주머니를 호스로 연결하여 seepage flux(지하수의 하천 유출 또는 하천수의 지하수 함양)를 측정하는 방식

문제점

- 시간에 따른 seepage flux의 변화 양상을 파악하기가 어려움

장점

- 지하수 유출량과 지하수함양량 변화를 2개의 원통형 수조내의 수위 변화로 각각 유도하여 연속 계측
- 지하수 함양량과 지하수 유출량을 분리하여 각자 독립적으로 계측

본 기술

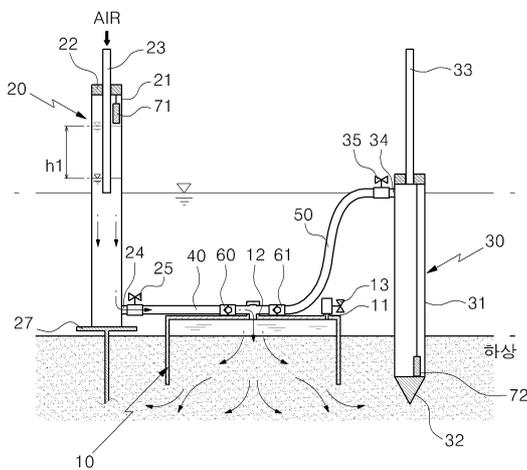
- 하상에 챔버를 고정설치하여 손실 하천에는 물이 챔버로 배출되고, 이득하천에는 챔버의 물이 유출량 측정용 수조내부로 유입

### 3 기술구성

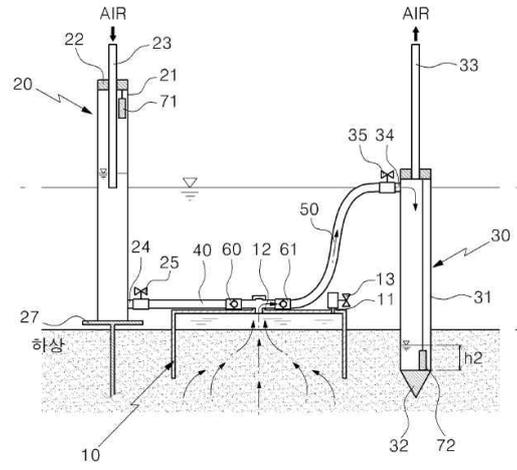
#### 기술의 상세 내용

[유입출 측정장치의 구조]

- 하상에 고정 설치되어 내부에 하천수가 채워지는 챔버는 손실하천 발생시 챔버 내부의 물이 연통연결된 챔버로 물이 유출되어 수위강하량 측정을 통해 지하수 함양량을 계측하도록 구성되며
- 하상에 고정설치되어 비어 있는 챔버는 이득하천발생시 연통연결된 챔버로 하천수가 유입되어 수위 증가량을 통해 지하수 유출량을 측정하도록 구성
- 각 챔버에 압력센서를 설치하여 지하수 함양량 또는 유출량을 측정



< 손실하천의 경우 >



< 이득하천의 경우 >

### 4 시제품 검증

#### 유입출 측정장치 설치 예

1. 챔버에 배출관 및 유입관은 연결된 상태를 유지하되, 챔버의 제어밸브를 OPEN하고, 지하수 함양량 계측장치 및 지하수 유출량 계측장치는 연결하지 않은 상태로, 챔버를 하상에 매설한다.
2. 챔버 및 배출관과 유입관이 하천 내에 위치한 상태에서 일정시간을 경과시켜, 챔버 내부 및 배출관과 유입관 내부에 하천수가 채워지도록 한다.

3. 상기 지하수 함양량 계측장치 내에는 제 1압력센서를 설치하고, 지하수 유출량 계측장치 내에는 제2압력센서를 각각 설치하여 준비시킨다.

4. 상기 지하수 함양량 계측장치는 하천수를 내부에 일정수위까지 채우고, 유출구에 설치된 제어밸브를 CLOSE시켜 하천수가 외부로 배출되지 않도록 하고, 상기 지하수 유출량 계측장치는 유입구에 설치된 제어밸브를 CLOSE시켜 하천에 내설시, 하천수가 내부로 유입되지 않도록 사전 준비한 다음, 지하수 함양량 계측장치와 지하수 유출량 계측장치를 하천에 내입하여, 제어밸브측에 배출관을 연결하고, 제어밸브측에 유입관 연결한다.

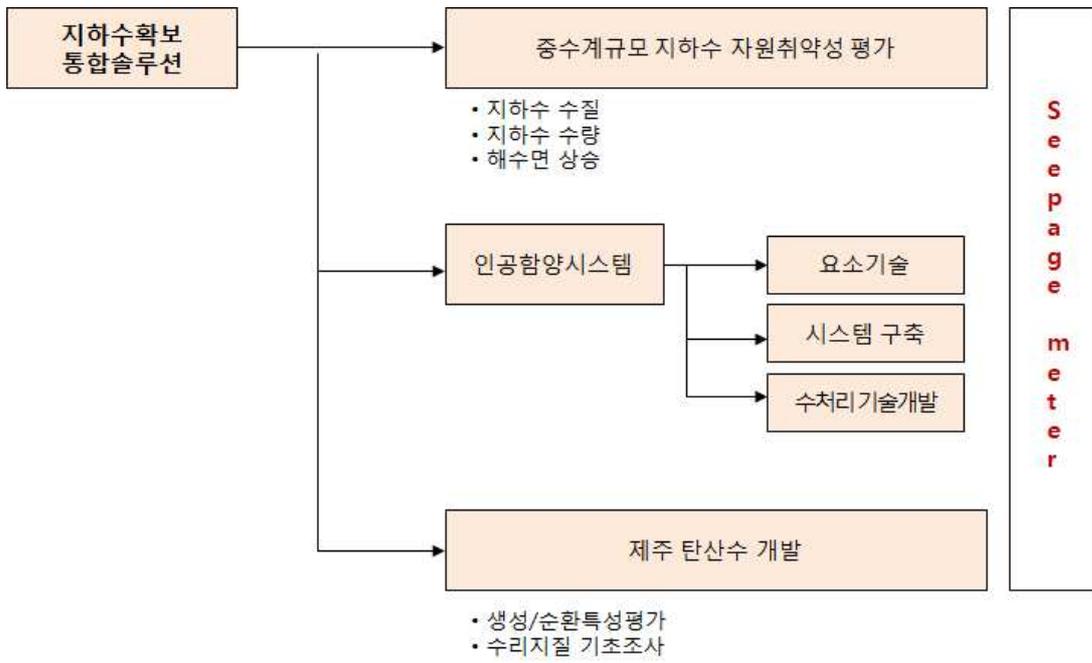
5. 계측을 시작하기 위해, 챔버의 제어밸브를 CLOSE시키고, 지하수 함양량 계측장치 및 지하수 유출량 계측장치의 각 제어밸브는 OPEN시켜, 손실하천 및 이득하천으로 인한 하천수의 유동이 가능토록 한다.

6. 지하수 함양량 계측장치 및 지하수 유출량 계측장치의 계측눈금을 통해 수위강하량을 개별적으로 직접 측정하여 지하수 함양량 및 지하수 유출량을 계측하거나, 또는 각 제 1압력센서를 통해 함양량 측정용 수조 내의 공기압 변화를 계측하여 지하수 함양량을 계측하고, 제 2압력센서를 통해 유출량 측정용 수조 내의 수압 변화를 계측하여 지하수 유출량을 계측한다.

#### 4 기대효과

- 두 개의 챔버를 설치하여 이득하천, 손실하천 발생 시 모두 동시에 계측 가능함에 따라 지하수와 하천수의 상호간 유입 및 유출량을 개별적으로 연속 계측함으로써 유입출 측정이 용이
- 2011년 수립된 수자원장기종합계획에서는 기준수요 시나리오를 기반으로 목표연도 2020년에 대한 분석결과, 과거 최대 가뭄 발생 시 전국적으로 약 4.3억톤의 물 부족 전망. 이중 낙동강권역은 0.9억톤의 물 부족이 예상되고 있음
- 지속적인 수자원 공급 인프라의 확충에도 불구하고 최근 10년간 62개 시군에서 가뭄기간생활/공업 용수의 부족을 2회 이상 경험하였으며, 이러한 지역적 물부족 문제 해결이 가능함

## II. 관련연구 현황



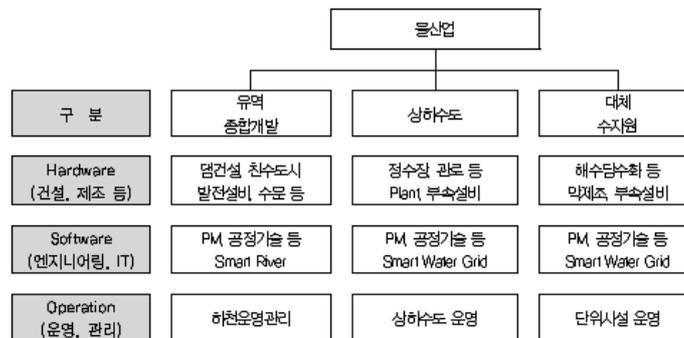
<그림> 지구환경변화 대응 지하수 확보 통합솔루션 개발('2010)

### Ⅲ. 동향분석

#### 1 산업동향

##### ▣ 기후변화로 인한 물부족 현상으로 물산업 확대

- 최근 기후변화 등의 영향으로 물 산업은 유역종합개발, 물 공급 안정성 확보를 위한 대체수자원 확보 등 물 순환 전 과정을 포괄하는 범위까지 확대
- 홍수와 가뭄 등의 치수영역과 수변 생태계와 수질관리, 하천복원 및 하천공간 활용 등의 통합적 물 순환 관리 및 유역종합개발과 활용 영역 등이 물 산업의 주요 부분으로 부상



(출처) 국토해양부 '물산업 해외시장 진출 활성화 방안 연구' (2011)

\* 물 산업이란 일반적으로 생활과 공업에 필요한 용수를 생산하여 공급하는 산업, 발생된 하수와 폐수를 이송 및 처리하는 산업 및 이와 연관된 산업을 총칭

##### ▣ 세계 물산업 동향

- (종합 서비스 산업화) 상하수도, 공업용수, 설비시장 중심의 기존 물 산업은 기후 변화에 대비한 신규 수자원 확보, 대규모 홍수 예방, 친수공간 및 유역종합개발 등 물 순환 체계 전 과정을 포괄하는 종합 서비스산업으로 발전 중
- 물 산업은 전체 value-chain(제조-건설-운영·관리)을 망라하는 토털솔루션 역량이 핵심경쟁 요소이나 전문 물 기업들은 가장 경쟁력 있는 분야에 집중하고 기타 부분들은 제휴, 아웃소싱을 통해 토털솔루션 역량 확보에 주력

- (글로벌화 및 전문화) 물 산업은 기존 소규모의 로컬산업에서 첨단 기술기반의 대규모 글로벌 산업으로 성장 중이며, 또한 세계 각 국에서는 물 관련 서비스를 포함한 생활환경 개선에 대한 요구 수준이 증대하면서 물 관련 기술 및 기업의 전문화가 빠르게 확산
  - 전문 물 기업에 의한 상하수도 서비스를 받는 인구는 2015년 세계 인구의 16%인 11억6,300만 명에 달할 것으로 예상
- (민영화 및 분산화) 상하수도 운영관리 시장의 확대에 민간참여가 점차 늘어나고 있으며, 정부주도의 중앙 집중형에서 민간참여 확대에 의한 분산화가 진행되어 가고 있음
  - 베올리아, 수에즈 등 세계적 물 기업들은 자국의 수도공급 위탁 운영경험을 바탕으로 세계적 기업으로 성장, 설계·건설·운영관리 및 자금조달 등 전 분야에서 경쟁력을 확보
- (광역화 및 통합화) 세계 주요 국가들은 지자체 중심의 중·소규모의 상하수도 운영관리시스템의 영세성과 비효율성 해소하기 위해 광역화를 추진하고 있으며, 상수도과 하수도의통합을 통해 운영효율화 향상을 도모

▣ 물이용 관리 및 기술동향

구분	As-Is	To-Be
접근 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수자원의 직접적인 개발/확보</li> <li>- 시설물 확충 위주의 하드웨어적 관리</li> <li>- 중앙 집중형 수자원 관리</li> <li>- 이수/치수 중심의 수자원 개발 중심</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 수자원의 효율적 분배/이용</li> <li>- IT를 활용한 소프트웨어적 관리</li> <li>- 분산형 수자원 관리</li> <li>- 하천환경을 포함한 지속가능한 물관리</li> </ul>
주요 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 수원 및 응수 관리</li> <li>- 대체 수자원 확보</li> <li>- 수자원의 양적 확보</li> <li>- 수자원 관리 시설 확충</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 확보된 용수의 효율적 분배</li> <li>- 수요맞춤형 용수 공급</li> <li>- 시설 활용 효율 및 에너지고려</li> <li>- 시설 가동률의 최적화</li> </ul>

<표> 물 이용 및 관리 패러다임의 변화

## 물산업 전망

- 2010년 세계 물 산업의 규모는 4,800억 달러로 반도체(2,800억 달러), 조선(2,500억 달러)시장 대비 2배 이상 큰 시장이며, 연 평균 4.9%씩 성장하여 2025년에는 8,650억 달러까지 확대될 전망

구분	2007년			2025년		
	규모	제조·건설	운영·관리	규모	제조·건설	운영·관리
<b>세계 물시장</b>	<b>3,820</b>	<b>1,890</b>	<b>1,930</b>	<b>8,650</b>	<b>4,850</b>	<b>3,800</b>
상수	1,720	660	1,060	3,880	1,901	1,980
하수	1,530	750	780	3,550	2,110	1,440
공업용수	240	220	20	570	530	40
물재이용	10	10	-	210	210	-
해수담수화	120	50	70	440	100	340

<표> 세계 시장 전망

구분	2000~2010	2010~2020	2020~2030
도로	220 (13.5%)	245 (12.9%)	292 (16.2%)
철도	49 (3.01%)	54 (2.84%)	58 (3.22%)
통신	654 (40.2%)	646 (34.1%)	171 (9.51%)
전력	127 (7.81%)	160 (8.43%)	241 (13.4%)
<b>수자원</b>	<b>676 (35.4%)</b>	<b>772 (40.7%)</b>	<b>1,037 (57.6%)</b>
합계	1,626	1,897	1,799

<표> 세계 인프라 시장 전망

## 2 시장정보

---

- ▣ 수자원측정을 위한 주요 장비에 해당함
- ▣ 국내 대학의 관련 학과, 연구소 및 관련 기업 등이 수요자에 해당함

## IV. 연구인프라

### 1 연구실 소개

---

#### ▣ 연구실 : 지하수연구실

#### ▣ 비전

- 지하수자원의 Total Solution 제공

#### ▣ 목표

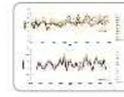
- 국가발전 및 국민 복지를 위한 지속가능한 지하수자원 확보
- 국가정책 및 산업발전에 필요한 녹색 지하수 활용 방안 수립

## 2 연구현황

- ▣ 기후변화 대응 지하수 취약성 평가
- ▣ 지속가능한 지하수 자원의 개발
- ▣ 지하수, 토양 오염 방지/저감/복원
- ▣ 생태학적 수문순환을 고려한 지하수 환경 보전
- ▣ 지질기원 지하수 오염물 기원/분포/처리
- ▣ 지하수 인공함양 기술 개발
- ▣ 지하수 순환 및 이동 모델링
- ▣ 지하수-지표수 통합 해석 프로그램
- ▣ 다상 다종 오염물 거동 모델 수치 기법 개발
- ▣ 해수침투 확산평가 및 연안 대수층 관리



금강수계 토지이용변화



금강유역 기온·강수량 변동



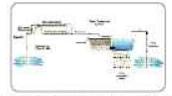
중문 고미랄지하수시험정 양수시험



제주 고부거지하수 생성·순환 개념모형



물 순환 시스템



재순환 인공함양 및 수처리기술



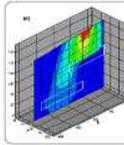
해안 대수층 염분농도 분포도



먹는샘물 온라인 운영체계



약물전달시스템 실험



다상흐름 모델 개발