(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월11일
(11) 등록번호 10-1766917
(24) 등록일자 2017년08월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/00 (2006.01) *E21B 47/00* (2006.01)
G06Q 10/04 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/00 (2013.01)
E21B 47/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0185194
(22) 출원일자 2015년12월23일
심사청구일자 2015년12월23일
(65) 공개번호 10-2017-0075481
(43) 공개일자 2017년07월03일
(56) 선행기술조사문헌
KR100756684 B1*
JP2013534002 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국지질자원연구원
대전광역시 유성구 과학로 124 (가정동, 한국지질자원연구원)
(72) 발명자
이현석
대전광역시 서구 도안북로 136, 107동 2101호(도안동, 파렌하이트아파트)
김광현
대전광역시 유성구 과학로 124, 한국지질자원연구원 석유해저연구본부 (가정동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김정수

전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 최윤겸

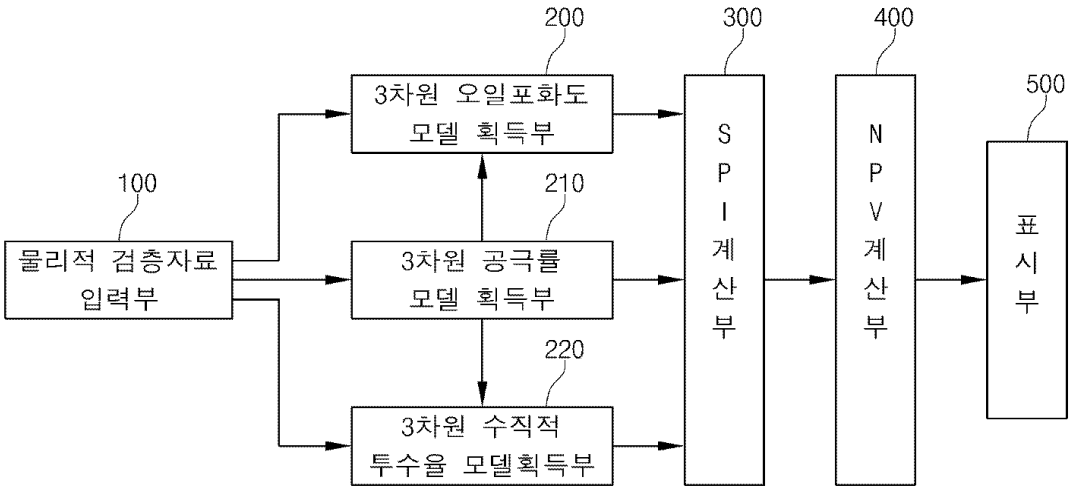
(54) 발명의 명칭 **비투멘의 경제성 평가 장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 지하에 매장된 높은 점성도의 원유인 비투멘을 개발되지 않은 상태에서 선택된 타겟에 대한 SPI(SAGD Performance Indicator)를 구하고 NPV(Net Present Value)와의 상관관계식을 계산하여 경제성을 평가하는, 비투멘의 경제성 평가 장치 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치는 물

(뒷면에 계속)

대 표 도



리적 검층자료가 입력되도록 구성된 물리적 검층자료 입력부; 상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받고 SGS(Sequential gaussian simulation) 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하도록 구성된 3차원 공극률 모델 획득부; 상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받음과 아울러, 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하도록 구성된 3차원 수직적 투수율 모델 획득부; 상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받음과 아울러, 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 오일 포화도를 획득하도록 구성된 3차원 오일 포화도 모델 획득부; 상기 3차원 공극률 모델 획득부, 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득부 및 상기 3차원 오일 포화도 모델 획득부 각각으로부터 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 입력받아 SPI(SAGD Performance Indicator)를 계산하도록 구성된 SPI 계산부; 상기 SPI 계산부로부터 계산된 SPI를 입력받아 다음의 수학식 1

[수학식 1]

$$NPV = 4.79 * SPI - 6.6$$

에 의해 NPV(Net Present Value)를 계산하도록 구성된 NPV 계산부; 및 상기 NPV 계산부로부터 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하도록 구성된 표시부를 포함한다.

(52) CPC특허분류
G06Q 10/04 (2013.01)

(72) 발명자
신현돈
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 2남215호 (용현동)

이철우
충청북도 청주시 서원구 충대로 1, 충남대학교 지구환경과학과 (개신동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 GP2015-034
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 한국지질자원연구원 주요사업
연구과제명 탄산염 저류층 특성화를 통한 복합 모델링 기술 개발
기 여 율 1/1
주관기관 한국지질자원연구원
연구기간 2015.01.01 ~ 2017.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

지하에 매장된 비투멘의 경제성을 평가하는 장치로서,

물리적 검층자료가 입력되도록 구성된 물리적 검층자료 입력부;

상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받고 SGS(Sequential gaussian simulation) 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하도록 구성된 3차원 공극률 모델 획득부;

상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받음과 아울러, 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하도록 구성된 3차원 수직적 투수율 모델 획득부;

상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받음과 아울러, 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 오일 포화도를 획득하도록 구성된 3차원 오일 포화도 모델 획득부;

상기 3차원 공극률 모델 획득부, 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득부 및 상기 3차원 오일 포화도 모델 획득부 각각으로부터 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 입력받아 SPI(SAGD Performance Indicator)를 계산하도록 구성된 SPI 계산부;

상기 SPI 계산부로부터 계산된 SPI를 입력받아 다음의 수학식 1

[수학식 1]

$$NPV = 4.79 * SPI - 6.6$$

에 의해 NPV(Net Present Value)를 계산하도록 구성된 NPV 계산부;

상기 NPV 계산부로부터 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하도록 구성된 표시부; 및

상기 물리적 검층자료는,

중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률과,

실제 암심자료에서 측정한 공극률과,

저류층의 종류, 비저항 및 각 지층의 저항을 포함하는, 비투멘의 경제성 평가 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 3차원 공극률 모델 획득부는,

상기 물리적 검층자료 입력부에서 입력된 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률을 상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 비교하여 검증하고,

SGS 기법을 이용하여 각 암상에 상기 검증된 공극률을 할당하여 3차원 공극률 모델을 구현하도록 구성된, 비투멘의 경제성 평가 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득부는,

상기 물리적 검층자료 입력부에서 입력된, 실제 암심자료에서 측정한 공극률을 이용하여 암심자료에서 측정한 투수율을 획득하고,

상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 상기 획득된 암심자료에서 측정한 투수율을 이용하고 저류층의 종류를 고려해서 수평 투수율을 획득하며,

상기 수평 투수율과 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수평 투수율 모델을 획득하며,

상기 3차원 수평 투수율 모델을 다음의 수학식 2

[수학식 2]

3차원 수직 투수율 모델 = 3차원 수평 투수율 모델 / 10

에 의해 3차원 수직적 투수율 모델로 변환하도록 구성된, 비투멘의 경제성 평가 장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 3차원 오일 포화도 모델 획득부는,

상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받아 시추공의 수포화도를 계산하고,

상기 계산된 수포화도를 SGS 기법을 이용하여(2차값으로 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델 사용함) 3차원 수포화도 모델로 구현하며,

상기 구현된 3차원 수포화도 모델로부터 다음의 수학식 3

[수학식 3]

오일 포화도% = 100% -수포화도%

을 이용하여 3차원 오일 포화도 모델을 획득하도록 구성된, 비투멘의 경제성 평가 장치.

청구항 6

제 2 항에 기재된, 비투멘의 경제성 평가 장치에 의해 구현된 비투멘의 경제성 평가 방법으로서,

물리적 검층자료 입력부로부터 3차원 공극률 모델 획득부, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부로 물리적 검층자료가 입력되는 단계;

상기 3차원 공극률 모델 획득부가 상기 입력단계에서 입력된 상기 물리적 검층자료를 SGS 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하는 단계;

상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득부가 상기 입력단계에서 입력된 상기 물리적 검층자료와 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 상기 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하는 단계;

3차원 오일 포화도 모델 획득부가 상기 입력단계에서 입력된 상기 물리적 검층자료와 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 오일 포화도를 획득하는 단계;

SPI 계산부가 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계, 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득 단계 및 상기 3차원 오일 포화도 모델 획득 단계 각각에서 획득된 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 이용하여 SPI를 계산하는 단계;

NPV 계산부가 상기 SPI 계산단계에서 계산된 SPI를 입력받아 수학식 1

[수학식 1]

NPV = 4.79 * SPI - 6.6

에 의해 NPV를 계산하는 단계; 및

표시부가 상기 NPV 계산 단계에서 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하는 단계를 포함하는, 비투멘의 경제성 평가 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 물리적 검층자료는,

중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률과,

실제 암심자료에서 측정한 공극률과,

저류층의 종류, 비저항 및 각 지층의 저항을 포함하는, 비투멘의 경제성 평가 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 3차원 공극률 모델 획득 단계는,

상기 입력단계에서 입력된 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률을 상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 비교하여 검증하는 단계; 및

SGS 기법을 이용하여 각 암상에 상기 검증 단계에서 검증된 공극률을 할당하여 3차원 공극률 모델을 구현하는 단계를 포함하는, 비투멘의 경제성 평가 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득 단계는,

상기 입력단계에서 입력된, 실제 암심자료에서 측정한 공극률을 이용하여 암심자료에서 측정한 투수율을 획득하는 단계;

상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 상기 투수율 획득 단계에서 획득된 암심자료에서 측정한 투수율을 이용하고 저류층의 종류를 고려해서 수평 투수율을 획득하는 단계;

상기 수평 투수율 획득 단계에서 획득된 수평 투수율과 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수평 투수율 모델을 획득하는 단계; 및

상기 3차원 수평 투수율 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 수평 투수율 모델을 다음의 수학식 2

[수학식 2]

3차원 수직 투수율 모델 = 3차원 수평 투수율 모델 / 10

에 의해 3차원 수직적 투수율 모델로 변환하는 단계를 포함하는, 비투멘의 경제성 평가 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 3차원 오일 포화도 모델 획득 단계는,

상기 입력단계에서 입력된 물리적 검층자료를 입력받아 시추공의 수포화도를 계산하는 단계;

상기 시추공의 수포화도 계산단계에서 계산된 수포화도를 SGS 기법을 이용하여(2차값으로 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 공극률 모델 사용함) 3차원 수포화도 모델로 구현하는 단계; 및

상기 3차원 수포화도 모델 구현 단계에서 구현된 3차원 수포화도 모델로부터 다음의 수학식 3

[수학식 3]

오일 포화도% = 100% -수포화도%

을 이용하여 3차원 오일 포화도 모델을 획득하는 단계를 포함하는, 비투멘의 경제성 평가 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 비투멘(bitumen)의 경제성 평가 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 특히 지하에 매장된 높은 점성도의 원유인 비투멘을 개발되지 않은 상태에서 선택된 타겟(target)에 대한 SPI(SAGD Performance Indicator)를 구하고 NPV(Net Present Value)와의 상관관계식을 계산하여 경제성을 평가하는, 비투멘의 경제성 평가 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 비투멘은 사암 혹은 사질의 공극에 집적되어 있는 높은 점성도의 원유로서, 부가가치가 없어 연료로 사용되는 아스팔텐(asphaltene)과 부가가치가 있어 석유화학 제품으로 활용이 가능한 말텐(maltene)으로 이루어진다. 비투멘에 포함된 말텐의 함량에 따라 그 값어치가 결정되기 때문에 말텐 성분이 풍부한 비투멘을 천연에 회수하거나 비투멘 회수시 알스팔텐 성분을 말텐 성분으로 전환하는 기술을 접목하여 말텐 성분이 증진된 비투맨을 회수하게 된다. 비투멘은 지하에 위치하고 있어 채굴을 통해 회수하기 어려운 경우 SAGD((Steam Assisted Gravity Drainage))공법을 이용한다. SAGD 공법은 두 개의 파이프를 설치한 후 하나의 파이프로는 스팀을 지속적으로 주입하고 다른 하나의 파이프를 통해 비투멘을 채굴하는 방식이다.

[0003] SAGD 공법을 사용하여 비투멘을 채굴하는 시스템은 예컨대, 국내 특허 등록 제1498879호 공보에 개시된 바와 같이, 히팅장치에 의해 공급되는 용융열을 열전도방식으로 오일샌드 내부로 방출하는 열공급파이프, 및 상기 열공급파이프의 내부에 구성되고, 상기 열공급파이프에서 방출되는 열에 의해 점성이 낮아진 비투멘을 채굴하는 채굴파이프를 포함하고; 상기 열공급파이프의 종단부에는 열방출부가 형성되고, 상기 히팅장치로부터 공급되는 용융열은 상기 열방출부를 통해 오일샌드 내부로 방출되며, 상기 열방출부의 외측면에는, 상기 열방출부의 외측면으로부터 펼쳐지도록 상측 및 양측 중 적어도 일측에서 상부방향으로 펼쳐지도록 구성되어, 상기 열공급파이프를 통해 상기 히팅장치에 의해 공급되는 용융열을 상기 오일샌드 내부로 방출하는 적어도 하나의 열확산 날개를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0004] 이 SAGD 공법을 적용하여 생산할 경우에 사용하는 경제성 평가 방법으로는 STEP(Simple Thermal Efficiency Parameter)이 있으며, 이 STEP은 실제 생산 광구에서의 일일 생산량, 회수율, 그리고 일일 스팀과 오일의 비와 같은 수치를 입력하여 계산하는 방법이다.

[0005] 그러나 STEP 방법은 생산이 이루어지고 있는 대상에 대해서만 적용된다는 문제점이 있다. 한편, 아직 개발되지 않은 경우에는 유동 시뮬레이션을 실시하여 경제성을 평가하는 방법이 있으나 유동 시뮬레이션의 경우 반복적인 시뮬레이션이 필요하므로 시간이 많이 소모되며 노동력이 많이 필요하다는 단점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 문제를 해결하기 위하여 이루어진 것으로, 본 발명의 목적은 반복적인 시뮬레이션을 위해 소모되는 시간을 줄일 수 있고 추가 노동력이 필요 없으며, 광구가 개발되지 않은 경우에도 실제 생산광구에서 경제성을 평가하는 STEP 방식의 경제성 평가 결과에 근접하게 경제성이 평가될 수 있는, 비투멘의 경제성 평가 장치 및 그 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치는, 물리적 검층자료가 입력되도록 구성된 물리적 검층자료 입력부; 상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받고 SGS(Sequential gaussian simulation) 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하도록 구성된 3차원 공극률 모델 획득부; 상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받음과 아울러, 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하도록 구성된 3차원 수직적 투수율 모델 획득부; 상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료

를 입력받음과 아울러, 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 오일 포화도를 획득하도록 구성된 3차원 오일 포화도 모델 획득부; 상기 3차원 공극률 모델 획득부, 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득부 및 상기 3차원 오일 포화도 모델 획득부 각각으로부터 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 입력받아 SPI(SAGD Performance Indicator)를 계산하도록 구성된 SPI 계산부; 상기 SPI 계산부로부터 계산된 SPI를 입력받아 다음의 수학식 1

[0008] [수학식 1]

[0009] NPV = 4.79 * SPI - 6.6

[0010] 에 의해 NPV(Net Present Value)를 계산하도록 구성된 NPV 계산부; 및 상기 NPV 계산부로부터 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하도록 구성된 표시부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치에 있어서, 상기 물리적 검층자료는, 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률과, 실제 암심자료에서 측정한 공극률과, 저류층의 종류, 비저항 및 각 지층의 저항을 포함할 수 있다.

[0012] 상기 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치에 있어서, 상기 3차원 공극률 모델 획득부는, 상기 물리적 검층자료 입력부에서 입력된 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률을 상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 비교하여 검증하고, SGS 기법을 이용하여 각 암상에 상기 검증된 공극률을 할당하여 3차원 공극률 모델을 구현하도록 구성될 수 있다.

[0013] 상기 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치에 있어서, 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득부는, 상기 물리적 검층자료 입력부에서 입력된, 실제 암심자료에서 측정한 공극률을 이용하여 암심자료에서 측정한 투수율을 획득하고, 상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 상기 획득된 암심자료에서 측정한 투수율을 이용하고 저류층의 종류를 고려해서 수평 투수율을 획득하며, 상기 수평 투수율과 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수평 투수율 모델을 획득하며, 상기 3차원 수평 투수율 모델을 다음의 수학식 2

[0014] [수학식 2]

[0015] 3차원 수직 투수율 모델 = 3차원 수평 투수율 모델 / 10

[0016] 에 의해 3차원 수직적 투수율 모델로 변환하도록 구성될 수 있다.

[0017] 상기 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치에 있어서, 상기 3차원 오일 포화도 모델 획득부는, 상기 물리적 검층자료 입력부로부터 물리적 검층자료를 입력받아 시추공의 수포화도를 계산하고, 상기 계산된 수포화도를 SGS 기법을 이용하여(2차값으로 상기 3차원 공극률 모델 획득부로부터 획득된 3차원 공극률 모델 사용함) 3차원 수포화도 모델로 구현하며, 상기 구현된 3차원 수포화도 모델로부터 다음의 수학식 3

[0018] [수학식 3]

[0019] 오일 포화도% = 100% - 수포화도%

[0020] 을 이용하여 3차원 오일 포화도 모델을 획득하도록 구성될 수 있다.

[0021] 상기의 목적을 달성하기 위해 본 발명의 다른 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 방법은, 물리적 검층자료 입력부로부터 3차원 공극률 모델 획득부, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부로 물리적 검층자료가 입력되는 단계; 상기 3차원 공극률 모델 획득부가 상기 입력단계에서 입력된 상기 물리적 검층자료를 SGS 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하는 단계; 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득부가 상기 입력단계에서 입력된 상기 물리적 검층자료와 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 상기 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하는 단계; 3차원 오일 포화도 모델 획득부가 상기 입력단계에서 입력된 상기 물리적 검층자료와 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 오일 포화도를 획득하는 단계; SPI 계산부가 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계, 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득 단계 및 상기 3차원 오일 포화도 모델 획득 단계 각각에서 획득된 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 이용하여 SPI를 계산하는 단계; NPV 계산부가 상기 SPI 계산단계에서 계산된 SPI를 입력받아 수학식 1

[0022] [수학식 1]

[0023] NPV = 4.79 * SPI - 6.6

[0024] 에 의해 NPV를 계산하는 단계; 및 표시부가 상기 NPV 계산 단계에서 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 다른 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 방법에 있어서, 상기 물리적 검층자료는, 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률과, 실제 암심자료에서 측정한 공극률과, 저류층의 종류, 비저항 및 각 지층의 저항을 포함할 수 있다.

[0026] 상기 다른 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 방법에 있어서, 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계는, 상기 입력단계에서 입력된 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률을 상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 비교하여 검증하는 단계; 및 SGS 기법을 이용하여 각 암상에 상기 검증 단계에서 검증된 공극률을 할당하여 3차원 공극률 모델을 구현하는 단계를 포함할 수 있다.

[0027] 상기 다른 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 방법에 있어서, 상기 3차원 수직적 투수율 모델 획득 단계는, 상기 입력단계에서 입력된, 실제 암심자료에서 측정한 공극률을 이용하여 암심자료에서 측정한 투수율을 획득하는 단계; 상기 실제 암심자료에서 측정한 공극률과 상기 투수율 획득 단계에서 획득된 암심자료에서 측정한 투수율을 이용하고 저류층의 종류를 고려해서 수평 투수율을 획득하는 단계; 상기 수평 투수율 획득 단계에서 획득된 수평 투수율과 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수평 투수율 모델을 획득하는 단계; 및 상기 3차원 수평 투수율 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 수평 투수율 모델을 다음의 수학식 2

[0028] [수학식 2]

[0029] 3차원 수직 투수율 모델 = 3차원 수평 투수율 모델 / 10

[0030] 에 의해 3차원 수직적 투수율 모델로 변환하는 단계를 포함할 수 있다.

[0031] 상기 다른 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 방법에 있어서, 상기 3차원 오일 포화도 모델 획득 단계는, 상기 입력단계에서 입력된 물리적 검층자료를 입력받아 시추공의 수포화도를 계산하는 단계; 상기 시추공의 수포화도 계산단계에서 계산된 수포화도를 SGS 기법을 이용하여(2차값으로 상기 3차원 공극률 모델 획득 단계에서 획득된 3차원 공극률 모델 사용함) 3차원 수포화도 모델로 구현하는 단계; 및 상기 3차원 수포화도 모델 구현 단계에서 구현된 3차원 수포화도 모델로부터 다음의 수학식 3

[0032] [수학식 3]

[0033] 오일 포화도% = 100% -수포화도%

[0034] 을 이용하여 3차원 오일 포화도 모델을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0035] 본 발명의 실시형태에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치 및 그 방법에 의하면, 물리적 검층자료 입력부로부터 3차원 공극률 모델 획득부, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부로 물리적 검층자료가 입력되고, 3차원 공극률 모델 획득부가 물리적 검층자료를 SGS 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하며, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부가 물리적 검층자료와 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하며, 3차원 오일 포화도 모델 획득부가 물리적 검층자료와 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 오일 포화도를 획득하며, SPI 계산부가 획득된 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 이용하여 SPI를 계산하며, NPV 계산부가 계산된 SPI를 입력받아 NPV를 계산하며, 표시부가 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하는 방식이므로, 비투멘의 경제성이 3차원적인 모델을 통해 평가되어 표시되기 때문에 반복적인 시뮬레이션이 필요없게 되어 시간적인 소모가 적고 추가되는 노동력이 줄어들게 되며, 또한 광구가 개발되지 않은 경우에도 실제 생산광구에서 경제성을 평가하는 STEP 방식의 경제성 평가 결과에 거의 근접하게 경제성이 평가될 수 있을 만큼 정확도가 뛰어나다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치의 제어블록도이다.

도 2a, 2b, 2c, 2d는 본 발명의 실시예에 의한, 비투멘의 경제성 평가 방법을 설명하는 플로우챠트이다.

도 3은 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법 중 지층별 NPV 디스플레이 단계에서 표시부에 디스플레이된 상층의 NPV 값 분포를 예시하는 도면이다.

도 4는 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법 중 지층별 NPV 디스플레이 단계에서 표시부에 디스플레이된 상, 중, 하층의 NPV 값 분포를 예시하는 도면이다.

도 5는 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법에서 사용된 SPI와 STEP의 상관관계(R^2)를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법에서 사용된 SPI와 NPV의 상관관계(R^2)를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0038] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치의 제어블록도이다.

[0039] 본 발명의 실시예에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 물리적 검층자료 입력부(100), 3차원 공극률 모델 획득부(210), 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220), 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200), SPI 계산부(300), NPV 계산부(400) 및 표시부(500)를 포함한다.

[0040] 물리적 검층자료 입력부(100)는 물리적 검층자료[중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률과, 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)과, 저류층의 종류, 비저항 및 각 지층의 저항 등을 포함함]가 3차원 공극률 모델 획득부(210), 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220) 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200)에 각각 입력되도록 구성되어 있다.

[0041] 3차원 공극률 모델 획득부(210)는 물리적 검층자료 입력부(100)로부터 물리적 검층자료[중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률, 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)]를 입력받고 지구통계 기법인 SGS(Sequential gaussian simulation) 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하는 역할을 한다. 좀 더 상세하게는, 3차원 공극률 모델 획득부(210)가 물리적 검층자료 입력부(100)에서 입력된 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률을 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)과 비교하여 검증하고, SGS 기법을 이용하여 각 암상에 검증된 공극률을 할당하여 3차원 공극률 모델을 구현하는 역할을 한다.

[0042] 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220)는 물리적 검층자료 입력부(100)로부터 물리적 검층자료[예컨대, 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)]를 입력받음과 아울러, 3차원 공극률 모델 획득부(210)로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하는 역할을 한다. 좀 더 상세하게는, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220)는 물리적 검층자료 입력부(100)에서 입력된, 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)을 이용하여 암심자료에서 측정한 투수율(Kcore)을 획득하고, 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)과 획득된 암심자료에서 측정한 투수율(Kcore)을 이용하고 저류층의 종류(예컨대, 사암, 셰일암 등)를 고려해서 수평 투수율(Kh)을 획득하며, 수평 투수율(Kh)과 3차원 공극률 모델 획득부(210)로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수평 투수율 모델을 획득하며, 3차원 수평 투수율 모델을 다음의 수학식 2

[0043] [수학식 2]

[0044] 3차원 수직 투수율 모델 = 3차원 수평 투수율 모델 / 10

[0045] 에 의해 3차원 수직적 투수율 모델(Kv)로 변환하는 역할을 한다.

[0046] 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200)는 물리적 검층자료 입력부(100)로부터 물리적 검층자료를 입력받음과 아울러, 3차원 공극률 모델 획득부(210)로부터 획득된 3차원 공극률 모델을 입력받아 SGS 기법을 사용하여 3차원 오일 포화도를 획득하는 역할을 한다. 좀 더 상세하게는, 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200)는 물리적 검층자료 입력부(100)로부터 물리적 검층자료(예컨대, 저류층의 비저항, 각지층의 저항 등)를 입력받아 시추공의 수포화도를 계산하고, 계산된 수포화도를 SGS 기법을 이용하여[2차값으로 3차원 공극률 모델 획득부(210)로

부터 획득된 3차원 공극률 모델 사용함] 3차원 수포화도 모델로 구현하며, 구현된 3차원 수포화도 모델로부터 다음의 수학식 3

[0047] [수학식 3]

[0048] 오일 포화도% = 100% -수포화도%

[0049] 을 이용하여 3차원 오일 포화도 모델을 획득하는 역할을 한다.

[0050] SPI 계산부(300)는 3차원 공극률 모델 획득부(210), 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220) 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200) 각각으로부터 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 입력받아 SPI(SAGD Performance Indicator)를 계산하는 역할을 한다.

[0051] NPV(Net Present Value; 순자산 가치) 계산부(400)는 SPI 계산부(300)로부터 계산된 SPI를 입력받아 다음의 수학식 1

[0052] [수학식 1]

[0053] NPV = 4.79 * SPI - 6.6

[0054] 에 의해 NPV를 계산하는 역할을 한다.

[0055] 표시부(500)는 NPV 계산부(400)로부터 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하는 역할을 한다.

[0056] 한편, 상기 물리적 검증자료 입력부(100), 3차원 공극률 모델 획득부(210), 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220) 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200), SPI 계산부(300), NPV 계산부(400) 및 표시부(500)는 PC(Personal Computer), 노트북, 스마트폰, 넷북, 테블릿 PC 등으로 구성될 수 있다.

[0057] 이하, 상기한 바와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치에 의해 구현된, 비투멘의 경제성 평가 방법을 설명하기로 한다.

[0058] 도 2a, 2b, 2c, 2d는 본 발명의 실시예에 의한, 비투멘의 경제성 평가 방법을 설명하는 플로우챠트로서, 여기서 S는 스텝(step)을 의미한다.

[0059] 먼저, 물리적 검증자료 입력부(100)로부터 3차원 공극률 모델 획득부(210), 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220) 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200)로 물리적 검증자료[중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률과, 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)과, 저류층의 종류, 비저항 및 각 지층의 저항 등을 포함함]가 입력된다(S1).

[0060] 이어서, 스텝(S2)에서는 3차원 공극률 모델 획득부(210)가 스텝(S1)에서 입력된 물리적 검증자료를 SGS 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득한다. 스텝(S2)에 대해 좀 더 상세하게 설명하면, 3차원 공극률 모델 획득부(210)는 스텝(S1)에서 입력된 중성자 검층 및 밀도 검층에서 구해진 공극률을 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)과 비교하여 검증하고(S2-1), 3차원 공극률 모델 획득부(210)는 SGS 기법을 이용하여 각 암상에 스텝(S2-1)에서 검증된 공극률을 할당하여 3차원 공극률 모델을 구현한다(S2-2).

[0061] 스텝(S3)에서는 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220)가 스텝(S1)에서 입력된 물리적 검증자료와 스텝(S2)에서 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수직적 투수율 모델을 획득한다. 스텝(S3)에 대해 좀 더 상세하게 설명하면, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부(220)는 스텝(S1)에서 입력된 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)을 이용하여 암심자료에서 측정한 투수율(Kcore)을 획득하고(S3-1), 실제 암심자료에서 측정한 공극률(ϕcore)과 스텝(S3-1)에서 획득된 암심자료에서 측정한 투수율(Kcore)을 이용하고 저류층의 종류를 고려해서 수평 투수율(Kh)을 획득하며(S3-2), 스텝(S3-2)에서 획득된 수평 투수율(Kh)과 스텝(S2)에서 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수평 투수율 모델을 획득하며(S3-3), 스텝(S3-3)에서 획득된 3차원 수평 투수율 모델을 다음의 수학식 2

[0062] [수학식 2]

[0063] 3차원 수직 투수율 모델 = 3차원 수평 투수율 모델 / 10

[0064] 에 의해 3차원 수직적 투수율 모델로 변환한다(S3-4).

[0065] 스텝(S4)에서는 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200)가 스텝(S1)에서 입력된 물리적 검증자료와 스텝(S2)에서 획득된 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 오일 포화도를 획득한다. 스텝(S4)에 대

해 좀 더 상세하게 설명하면, 3차원 오일 포화도 모델 획득부(200)는, 스텝(S1)에서 입력된 물리적 검층자료를 입력받아 시추공의 수포화도를 계산하고(S4-1), 스텝(S4-1)에서 계산된 수포화도를 SGS 기법을 이용하여 3차원 수포화도 모델로 구현하며(여기서 2차값으로 스텝(S2)에서 획득된 3차원 공극률 모델을 사용함)(S4-2), 스텝(S4-2)에서 구현된 3차원 수포화도 모델로부터 다음의 수학식 3

[0066] [수학식 3]

[0067] 오일 포화도% = 100% - 수포화도%

[0068] 을 이용하여 3차원 오일 포화도 모델을 획득한다(S4-3).

[0069] 스텝(S5)에서는 SPI 계산부(300)가 스텝(S2), 스텝(S3) 및 스텝(S4) 각각에서 획득된 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 이용하여 수학식 4

[0070] [수학식 4]

[0071] $$SPI = \left(\frac{H}{20}\right) * \left(\frac{K_v}{1}\right)^{0.8} * \left(\frac{S_o}{0.5}\right)^{2*} \left(\frac{\emptyset}{0.3}\right)^{1.5}$$

[0072] (여기서, H는 저류층의 수직 두께를 의미하며 편의상 1M로 가정하며, Kv는 3차원 수직적 투수율 모델을 나타내며, So는 3차원 오일 포화도 모델을 나타내며, ϕ는 3차원 공극률 모델을 나타낸다)

[0073] 스텝(S6)에서는 NPV 계산부(400)가 스텝(S5)에서 계산된 SPI를 입력받아 수학식 1

[0074] [수학식 1]

[0075] NPV = 4.79 * SPI - 6.6

[0076] 에 의해 NPV를 계산한다.

[0077] 스텝(S7)에서는 표시부(500)가 스텝(S6)에서 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이한다.

[0078] 도 3은 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법 중 지층별 NPV 디스플레이 단계에서 표시부(500)에 디스플레이된 상층의 NPV 값 분포를 예시하는 도면으로서, NPV 값이 클수록 경제성이 높은 구간이며, 자주색은 NPV 값이 "0"으로 경제성이 없는 부분이다. 도 3은 위에서 바라보았을 때 최상부면에서의 분포 양상이다.

[0079] 도 4는 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법 중 지층별 NPV 디스플레이 단계에서 표시부(500)에 디스플레이된 상, 중, 하층의 NPV 값 분포를 예시하는 도면으로서, 상층에 있는 NPV 볼륨(volume)은 전체 저류층 구간에 대한 모델로서 수직으로 20배 가량 과장한 모델이며, 중층에 있는 NPV 볼륨은 "0"이상의 경제성이 있는 부분만을 나타낸 것이며, 하층에 있는 NPV 볼륨은 "1000" 이상의 수치가 분포하는 부분을 나타낸 것이다. Orinoco, Salmon, Danube는 각각 다른 암상 모델링 결과이며, 암상 모델에 따라 약간의 차이가 있지만 경제성 있는 구간을 찾기 위해 컷오프 밸류(cutoff value)를 크게 정할수록 경제성이 높은 구간이 좌측 하단에 분포하는 것을 확인할 수 있다.

[0080] 도 5는 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법에서 사용된 SPI와 STEP의 상관관계(R^2)를 나타내는 도면이며, 도 6은 본 발명의, 비투멘의 경제성 평가 방법에서 사용된 SPI와 NPV의 상관관계(R^2)를 나타내는 도면으로서, SPI와 STEP 간에는 0.89이상의 값을 보이며 SPI와 NPV간에는 0.98의 값을 보인다. 이는 SPI를 적용할 경우 광구가 개발되지 않은 경우에도 실제 생산광구에서 경제성을 평가하는 STEP 방식의 경제성 평가 결과에 거의 근접하게 경제성이 평가될 수 있을 만큼 정확도가 뛰어나다는 것을 의미한다.

[0081] 본 발명의 실시예에 의한, 비투멘의 경제성 평가 장치 및 그 방법에 의하면, 물리적 검층자료 입력부로부터 3차원 공극률 모델 획득부, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부 및 3차원 오일 포화도 모델 획득부로 물리적 검층자료가 입력되고, 3차원 공극률 모델 획득부가 물리적 검층자료를 SGS 기법을 사용하여 3차원 공극률 모델을 획득하며, 3차원 수직적 투수율 모델 획득부가 물리적 검층자료와 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 수직적 투수율 모델을 획득하며, 3차원 오일 포화도 모델 획득부가 물리적 검층자료와 3차원 공극률 모델을 이용하여 SGS 기법에 의해 3차원 오일 포화도를 획득하며, SPI 계산부가 획득된 3차원 공극률 모델, 3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일 포화도 모델을 이용하여 SPI를 계산하며, NPV 계산부가 계산된 SPI를 입력받아 NPV를 계산하며, 표시부가 계산된 NPV 값의 분포를 지층별로 디스플레이하는 방식이므로, 비투멘의 경제

성이 3차원적인 모델을 통해 평가되어 표시되기 때문에 반복적인 시뮬레이션이 필요없게 되어 시간적인 소모가 적고 추가되는 노동력이 줄어들게 되며, 또한 광구가 개발되지 않은 경우에도 실제 생산광구에서 경제성을 평가하는 STEP 방식의 경제성 평가 결과에 거의 근접하게 경제성이 평가될 수 있을 만큼 정확도가 뛰어나다.

[0082]

[0083] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으며, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0084] 100: 물리적 검층자료 입력부

200: 3차원 오일 포화도 모델 획득부

210: 3차원 공극률 모델 획득부

220: 3차원 수직적 투수율 모델 획득부

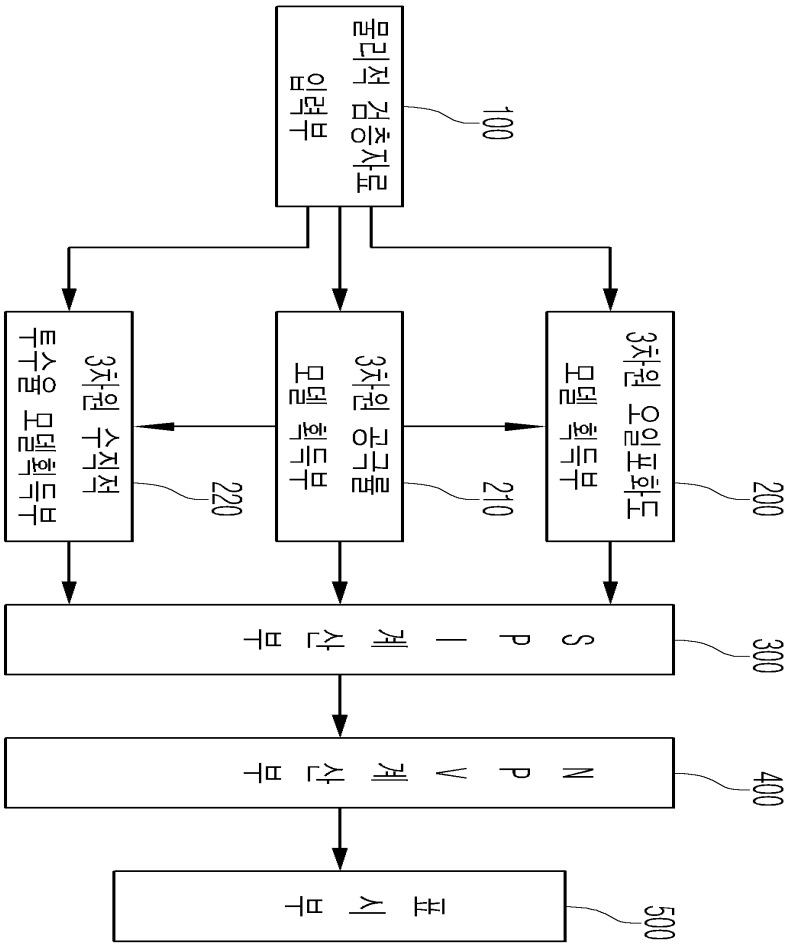
300: SPI 계산부

400: NPV 계산부

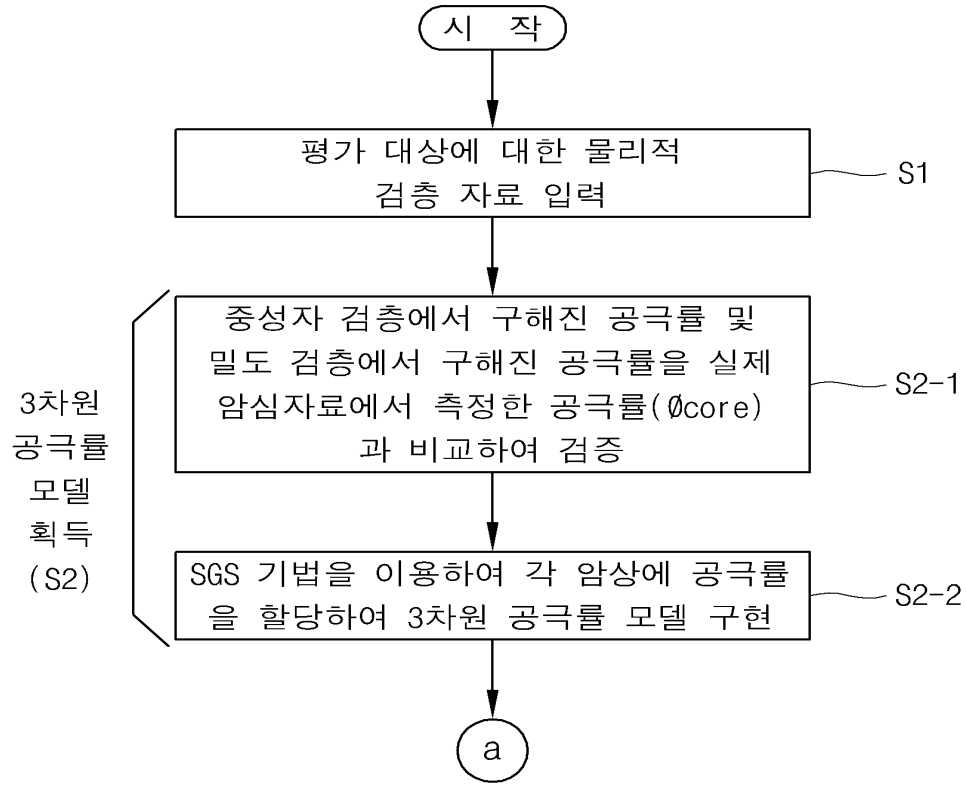
500: 표시부

도면

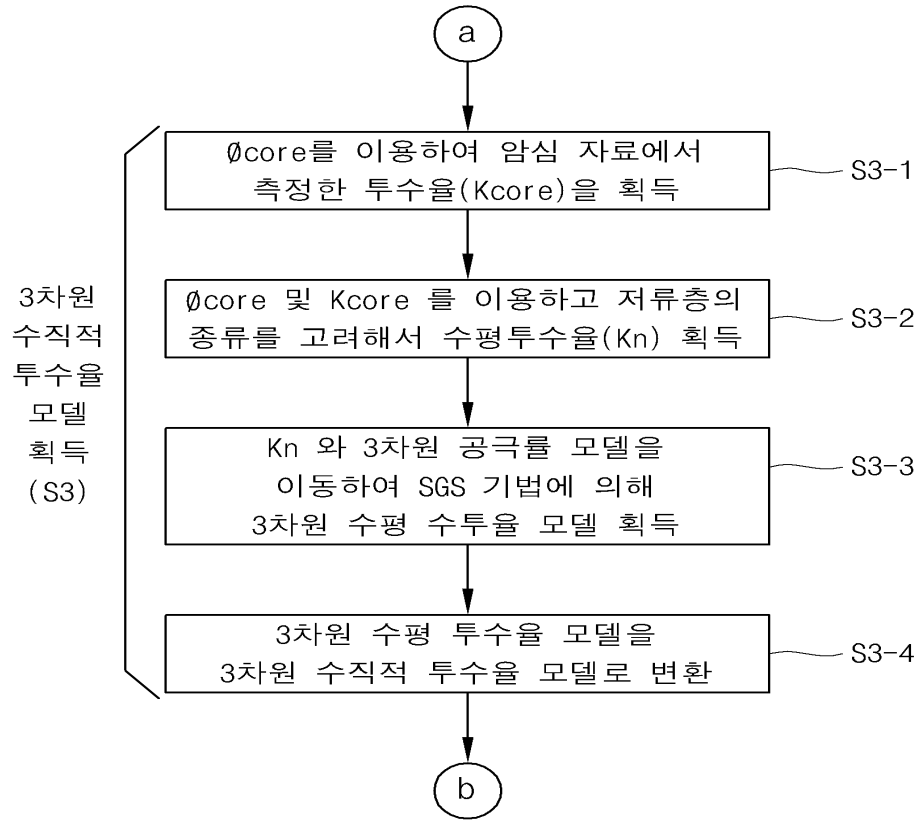
도면1


물리적 검증자료 입력부
100
3차원 오일포화도 모델 획득부
200
3차원 운그룰 모델 획득부
210
3차원 수직적 투수율 모델획득부
220
S P I 계산부
300
N P V 계산부
400
표시부
500

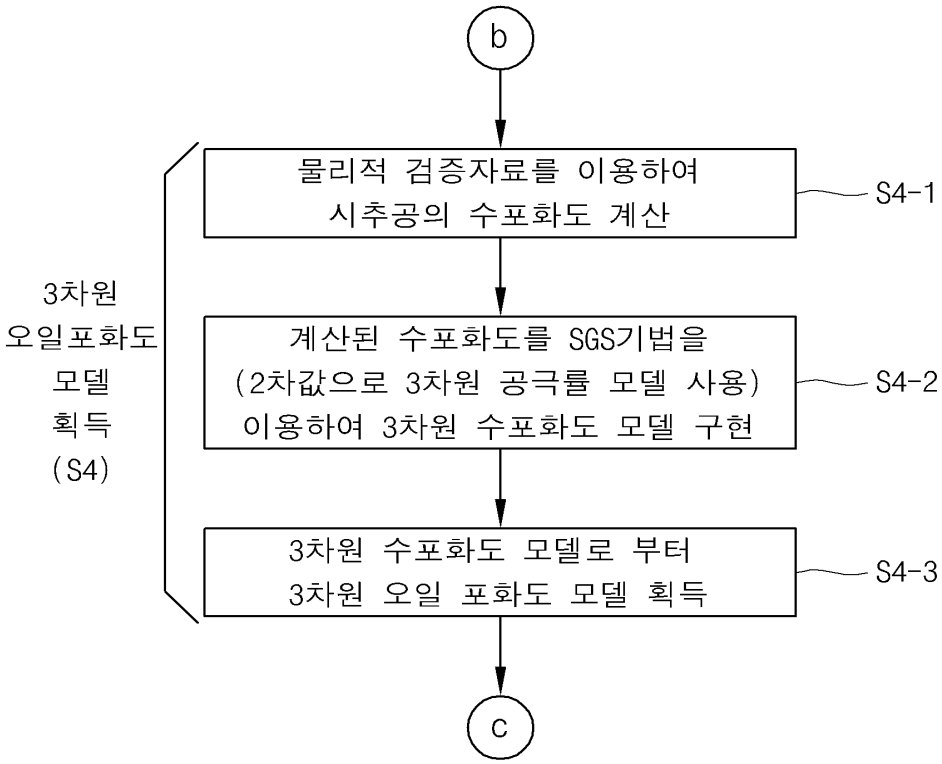
도면2a


시 작
평가 대상에 대한 물리적 검증 자료 입력
S1
중성자 검증에서 구해진 공극률 및 밀도 검증에서 구해진 공극률을 실제 암심자료에서 측정한 공극률(Øcore)과 비교하여 검증
S2-1
SGS 기법을 이용하여 각 암상에 공극률을 할당하여 3차원 공극률 모델 구현
S2-2
3차원 공극률 모델 획득 (S2)
a

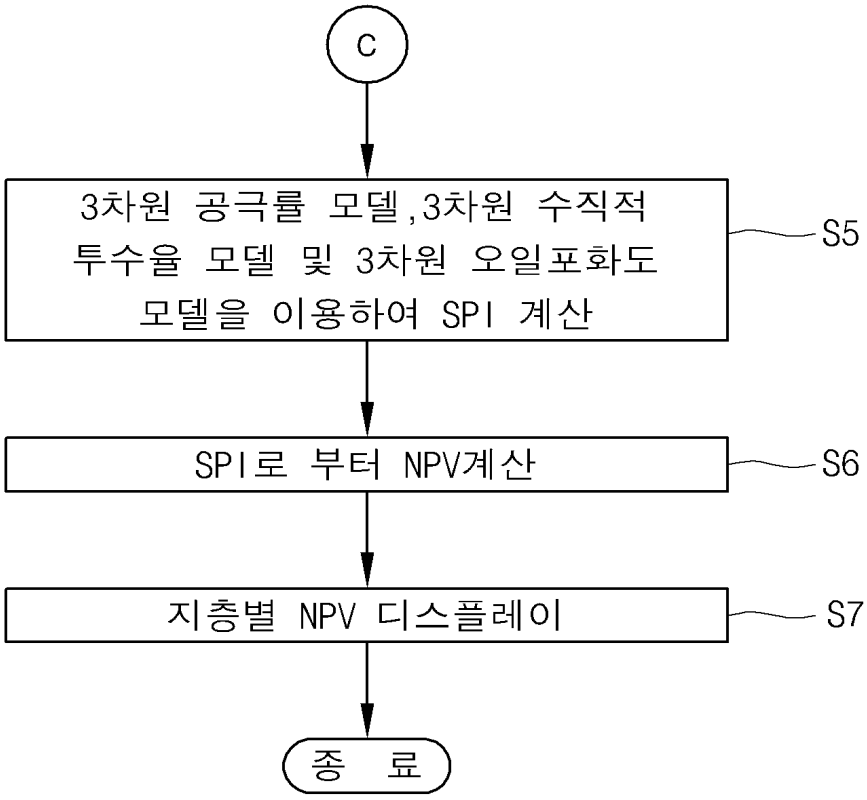
도면2b


a
Øcore를 이용하여 암심 자료에서 측정한 투수율(Kcore)을 획득
S3-1
Øcore 및 Kcore 를 이용하고 저류층의 종류를 고려해서 수평투수율(Kn) 획득
S3-2
Kn 와 3차원 공극률 모델을 이동하여 SGS 기법에 의해 3차원 수평 수투율 모델 획득
S3-3
3차원 수평 투수율 모델을 3차원 수직적 투수율 모델로 변환
S3-4
3차원 수직적 투수율 모델 획득 (S3)
b

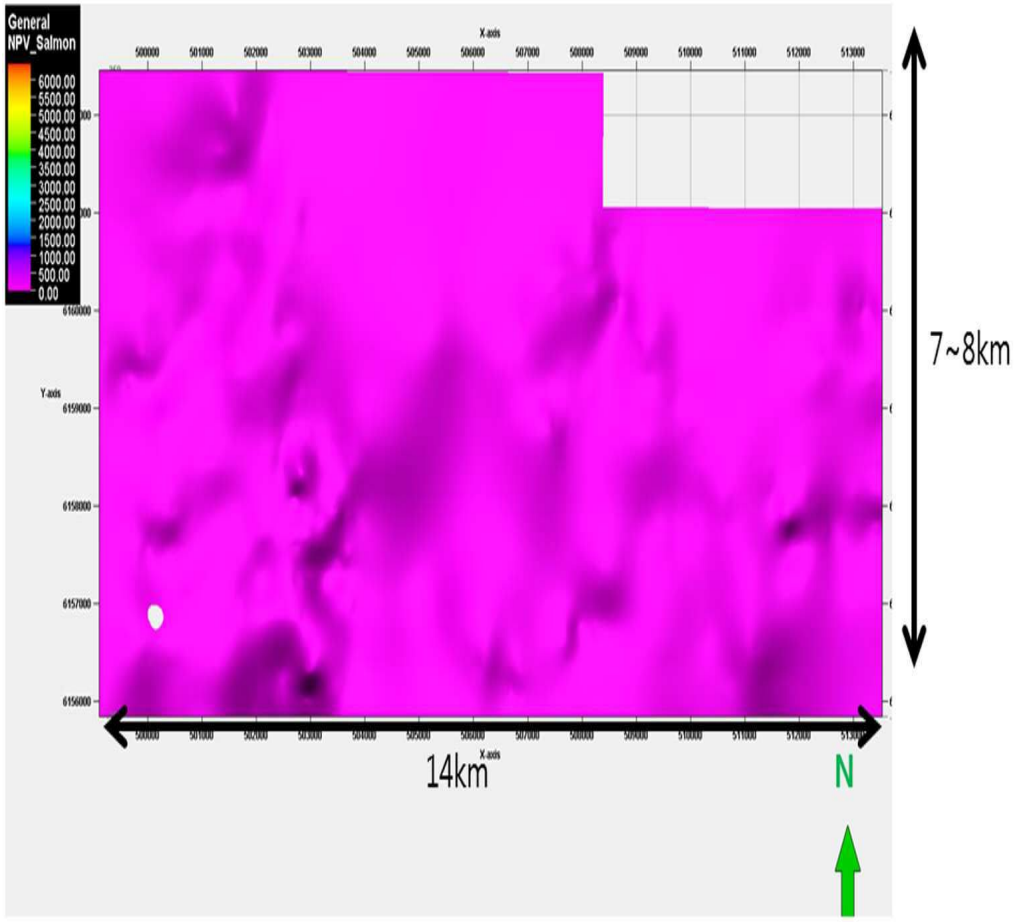
도면2c


b
물리적 검증자료를 이용하여
시추공의 수포화도 계산
S4-1
3차원
오일포화도
모델
획득
(S4)
계산된 수포화도를 SGS기법을
(2차값으로 3차원 공극률 모델 사용)
이용하여 3차원 수포화도 모델 구현
S4-2
3차원 수포화도 모델로 부터
3차원 오일 포화도 모델 획득
S4-3
c

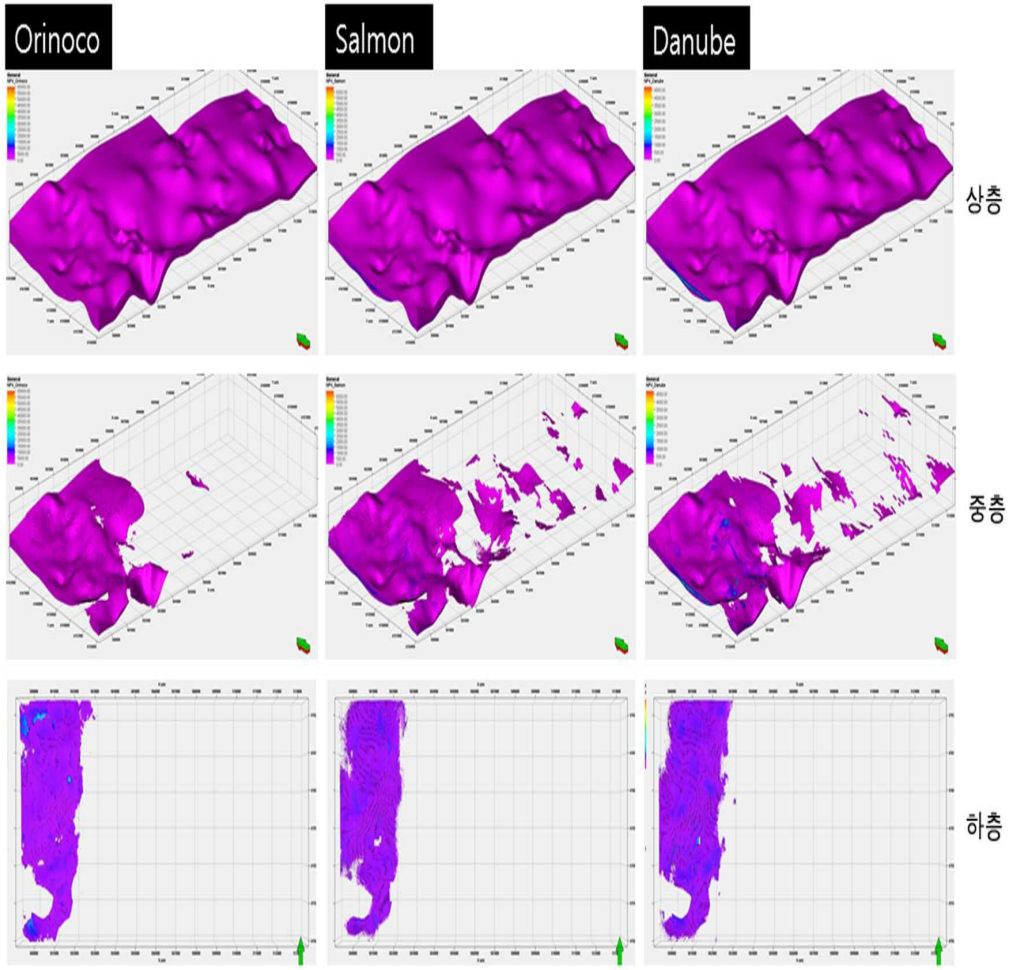
도면2d


C
3차원 공극률 모델,3차원 수직적 투수율 모델 및 3차원 오일포화도 모델을 이용하여 SPI 계산
S5
SPI로 부터 NPV계산
S6
지층별 NPV 디스플레이
S7
종 료

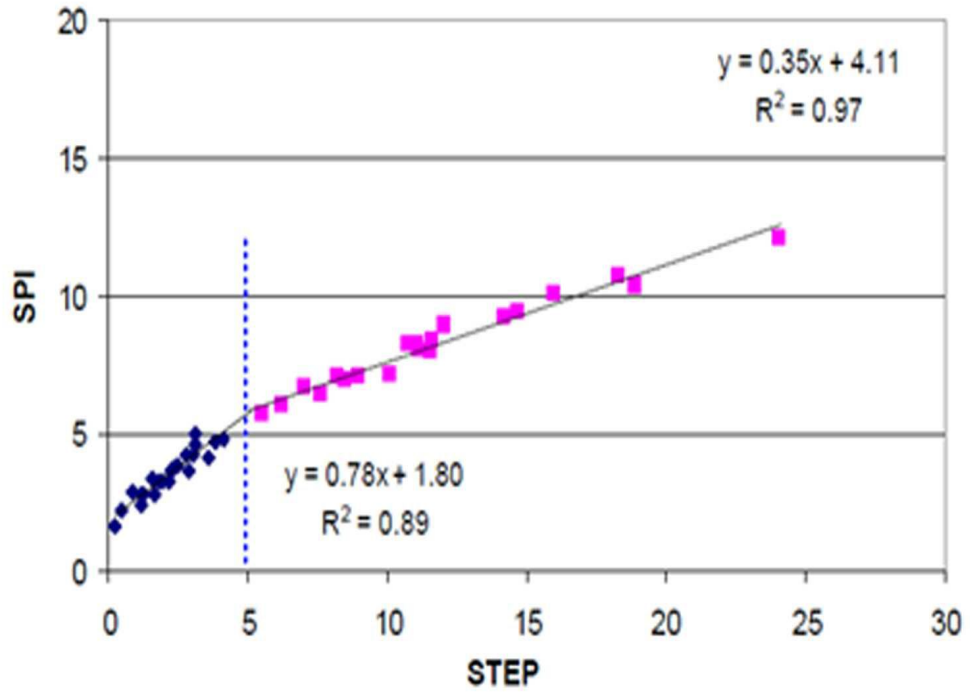
도면3


General
NPV_Salmon
6000.00
5500.00
5000.00
4500.00
4000.00
3500.00
3000.00
2500.00
2000.00
1500.00
1000.00
500.00
0.00
X-axis
Y-axis
7~8km
14km
N

도면4

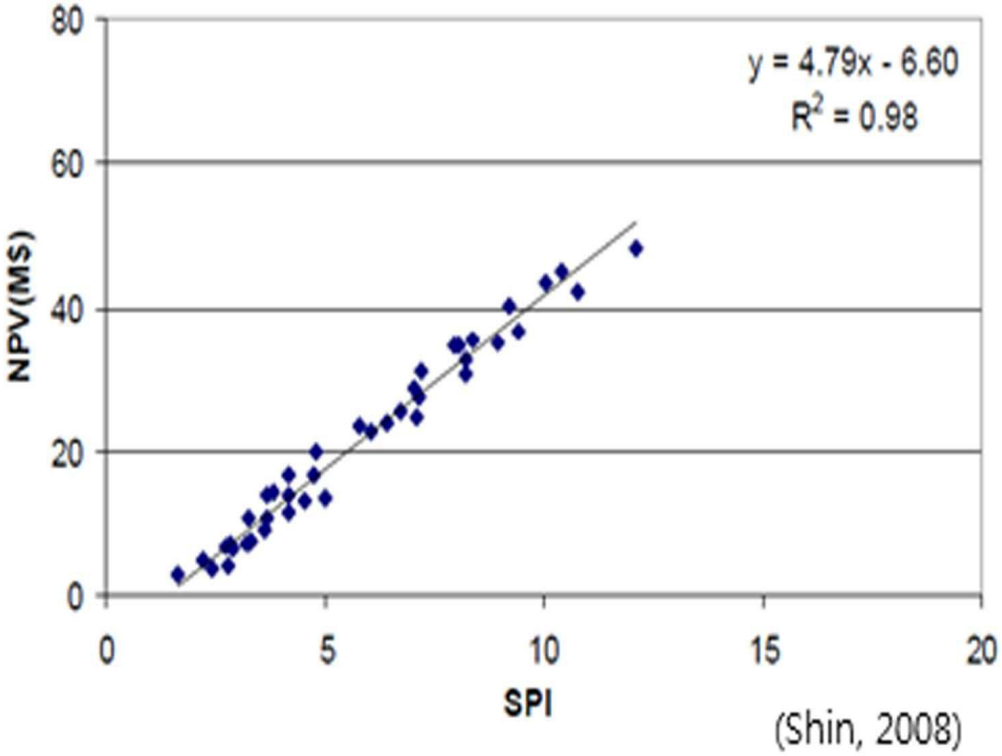


도면5



(Shin, 2008)

도면6



(Shin, 2008)