

^3He Distribution on the Lunar Surface

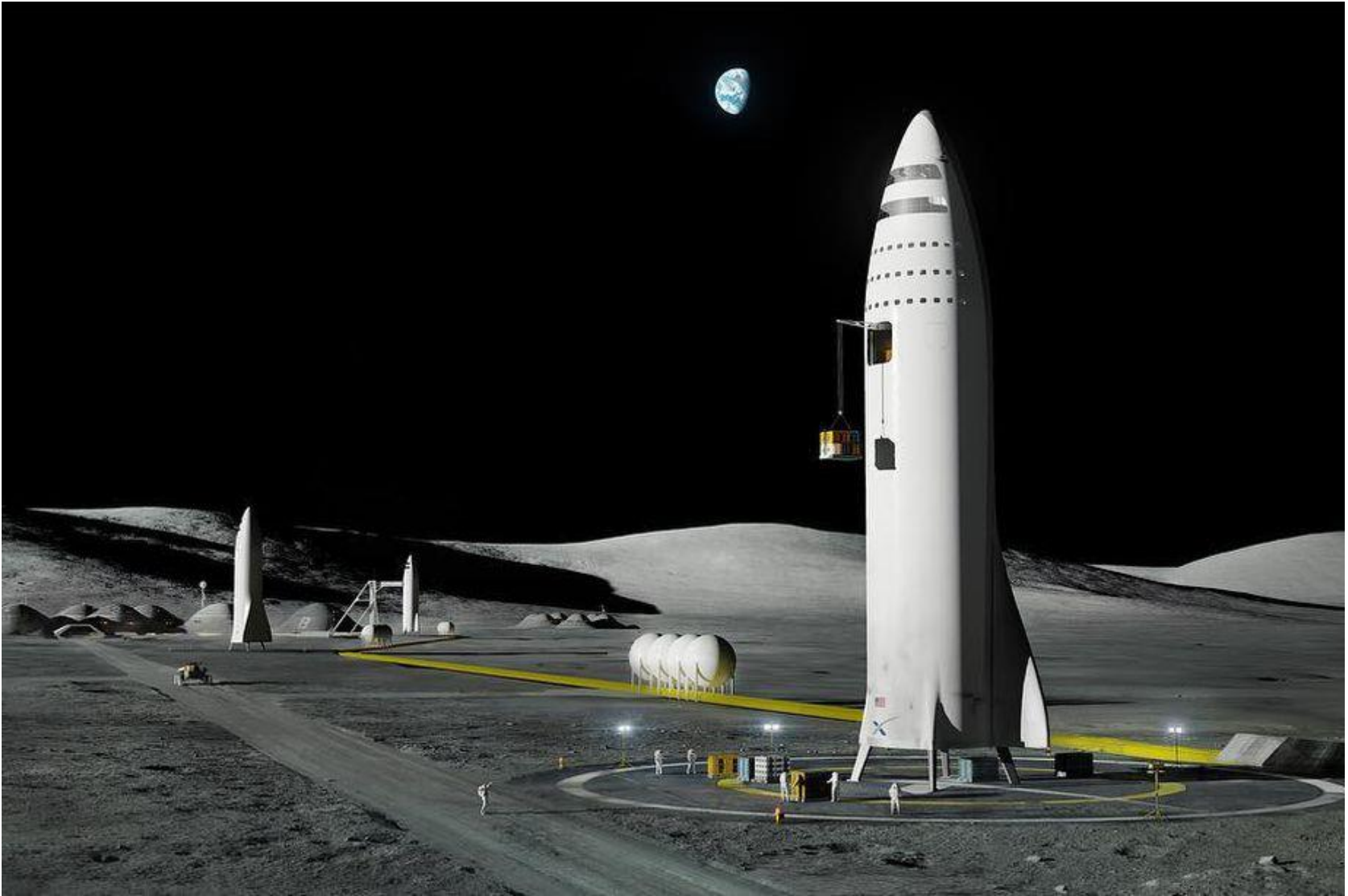
경희대학교 우주과학과 김성수

SpaceX의 Falcon Heavy, Flight 2 (April 2019)

NATIONAL
GEOGRAPHIC



새로운 로켓을
시험 발사 할 때



Moon Base Alpha (SpaceX, 2017년 9월)



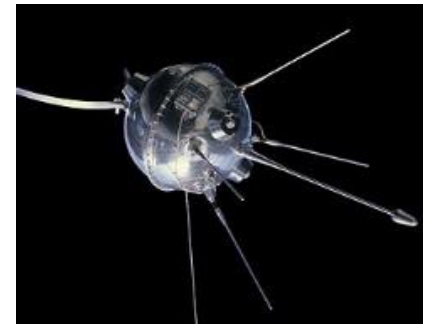
Blue Moon (Blue Origin, 2019년 5월)

러시아의 초기 우주탐사 일지

- 1957년 Sputnik-1: 최초의 지구궤도 인공위성
- 1959년 Luna-1: 최초의 지구 중력장 이탈
- 1959년 Luna-2: 최초의 달 표면 충돌
- 1959년 Luna-3: 최초의 달 뒷면 촬영
- 1961년 Vostok-1: 최초의 유인 우주비행
- 1966년 Luna-9: 최초의 월면 연착륙
- 1970년 Luna-16: 월면 샘플 귀환 (101 grams)



Sputnik-1



Luna-2

미국의 초기 우주탐사 일지

- 1958년 Explorer-1: 첫 지구궤도 인공위성 (+4 mo)
- 1959년 Pioneer-4: 첫 지구 중력장 이탈 (+2 mo)
- 1961년 MR-3: 첫 유인 우주비행 (+1 mon)
- 1964년 Ranger-7: 첫 달 표면 충돌 (+58 mon)
- 1966년 Surveyor-1: 첫 월면 연착륙 (+4 mon)
- 1969년 Apollo-11: 최초의 인류 달 착륙



Explorer-1



Apollo-11 (Eagle)

70~90년대의 달 탐사

- 70년대 미국
 - 1969~72년: 6차례의 유인 달 탐사 (Apollo 11~17)
 - 1973년: 전파천문학 미션 (Explorer 49)
- 70년대 러시아
 - 1970~76년: 월면 샘플 귀환 (Luna 16~24)
- 90년대
 - 1990년 일본: 첫 달궤도 탐사 시작 (Hiten)
 - 1994, 98년 미국: 달궤도 과학임무 (Clemetine, Lunar Prospector)

미·러·일 외의 달 탐사

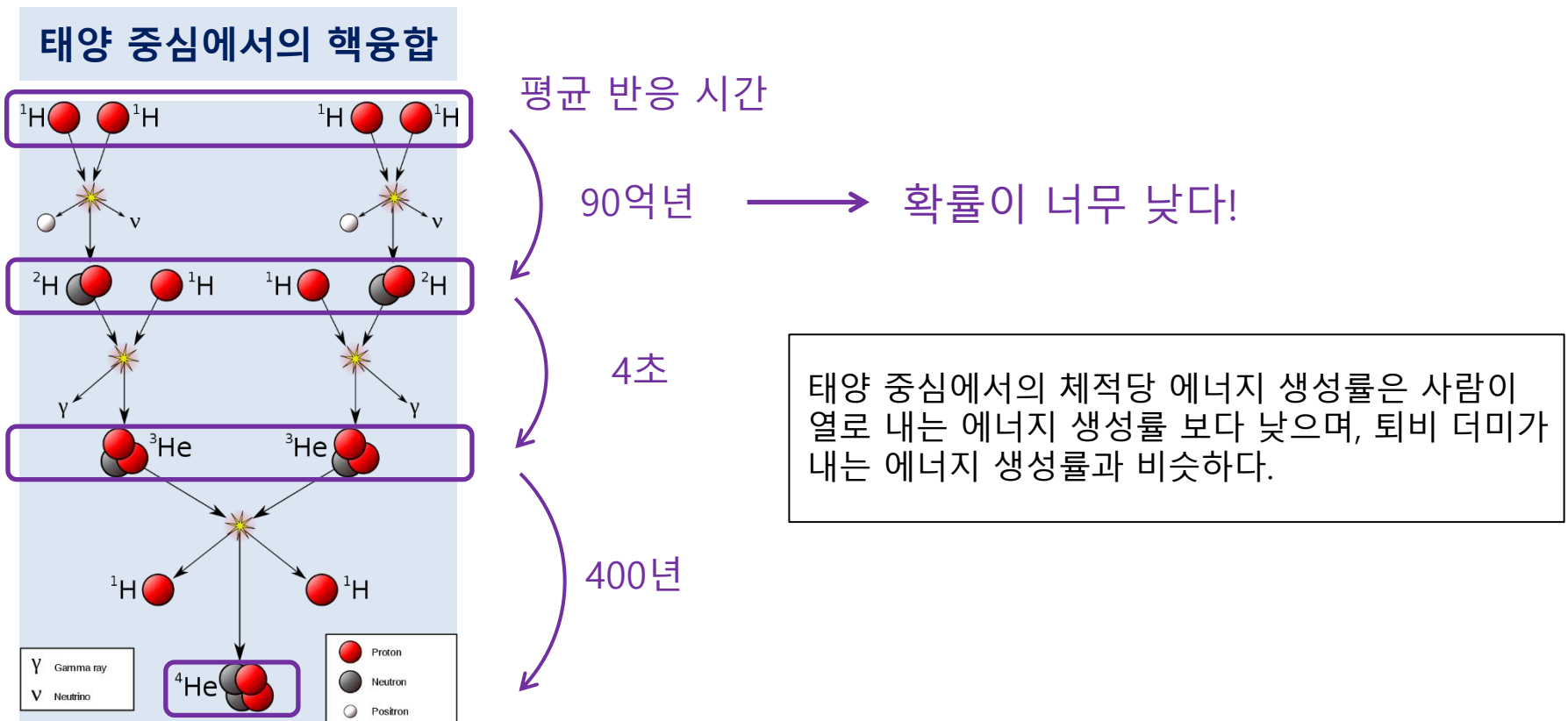
- 유럽
 - 2003년: 첫 달 탐사 궤도선
- 중국
 - 2007년: 첫 달 탐사 궤도선
 - 2013년: 첫 월면 탐사
 - 2018년: 최초의 달 뒤쪽 월면 탐사
- 인도
 - 2008년: 첫 달 탐사 궤도선
- 이스라엘
 - 2019년: 첫 월면 착륙선 (최초의 민간 달 탐사 프로그램)
- 한국
 - 2022년 상반기: 첫 달 탐사 궤도선

다시 시작된 "Race to the Moon"

- 과학 목적의 달 탐사
 - 진행 중: 미국, 일본, 중국, 인도, 이스라엘
 - 개발/계획 중: 한국, 러시아
- 상업 목적의 달 탐사 (준비/계획 중)
 - 월면까지의 운송
 - PTScientists (독일): kg 당 70~80만 유로
 - Blue Origin (미국): Blue Moon을 이용하여 4,500 kg까지 운송
 - 달 여행
 - SpaceX (미국): 달 선회 여행 (6일간, 2023년 이후)
 - Space Adventures (미국): 달 선회 여행 1.5억 달러
 - Golden Spike (미국): 달 착륙 여행 7.5억 달러
 - 달 자원 채굴
 - Shackleton Energy (미국): 달 자원 채굴을 목표
 - Moon Express (미국): 달 자원 채굴을 목표

활용 가능한 달 자원 (1/3)

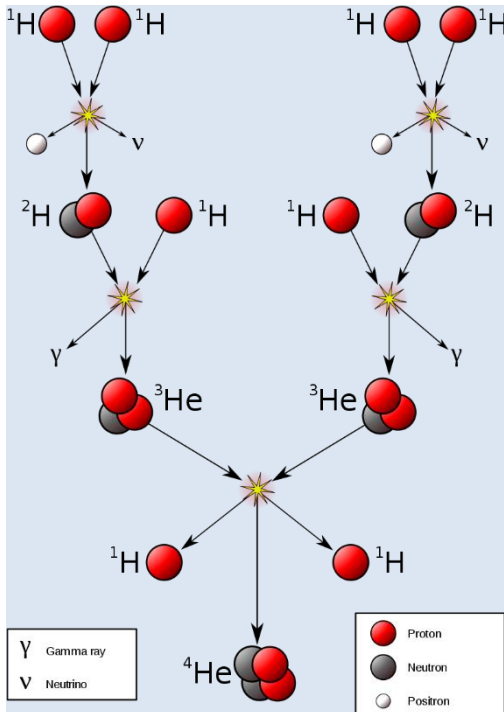
- ^3He
 - 핵융합 발전의 원료 중 하나
 - 태양풍 속에 포함되어 날아와, 달 표토에 많이 축적되어 있다.



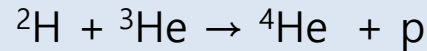
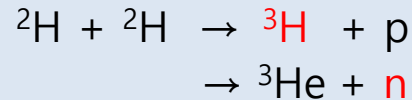
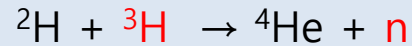
활용 가능한 달 자원 (1/3)

- ^3He
 - 핵융합 발전의 원료 중 하나
 - 태양풍 속에 포함되어 날아와, 달 표토에 많이 축적되어 있다.

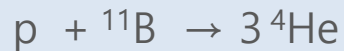
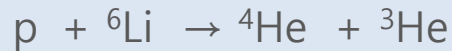
태양 중심에서의 핵융합



확률이 높은 핵반응들



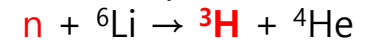
⋮



n : induces radioactivity.

^2H : abundant

^3H : radioactive and hard to find, store, and produce.



^3He : rare on Earth

환경친화적!

활용 가능한 달 자원 (2/3)

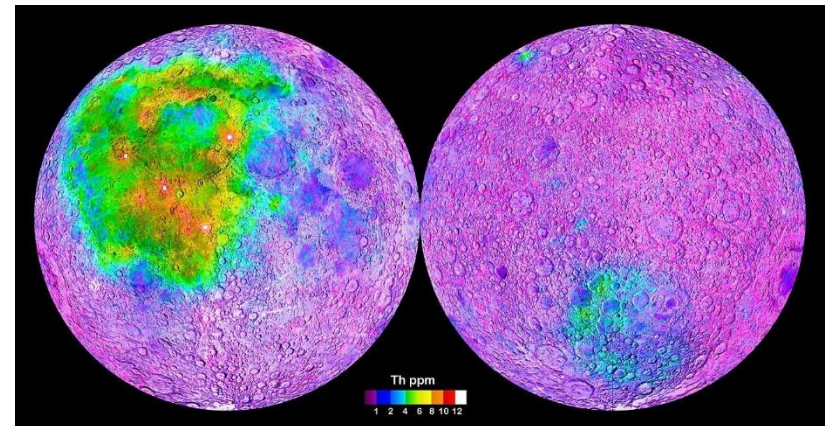
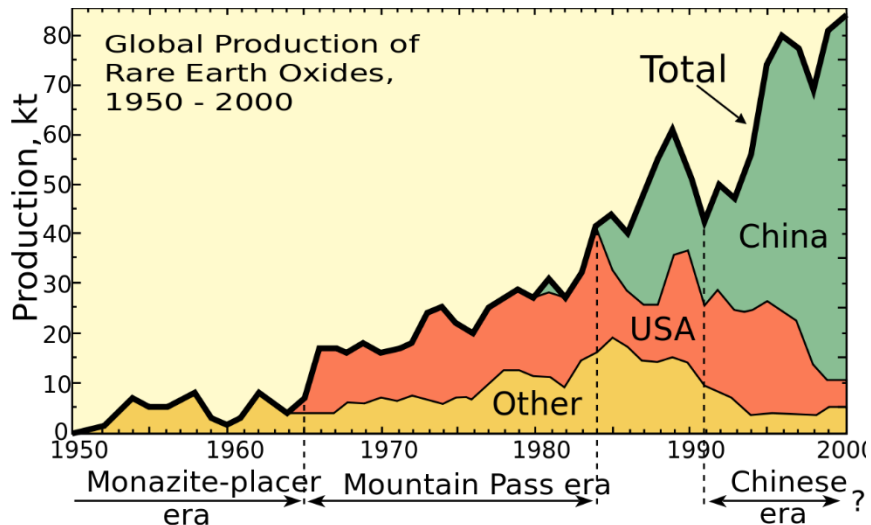
- 희토류 및 방사성 원소

- 희토류

- 전자기기, 태양광 발전, 항공우주산업 등, 첨단산업에 필수적이다.
- 아주 희귀 하지는 않으나, 채굴/정제 과정이 비싸거나 환경오염을 유발한다.
- 지구에서는 일부 국가가 생산을 독점하고 있어서 무기화 되고 있다.
- 수십년 안에 고갈되거나 생산비가 크게 비싸질 것으로 예상된다.

- 희토류와 일부 방사성 원소(우라늄, 토륨, 포타슘)들이 월면에 풍부함.

- 달은 생성 후 빠르게 식으면서 결정화 되었는데, 희토류와 방사성 원소들은 초기 결정화 과정에 포함하지 못하여 대부분이 달 지각에 존재한다.



희토류와 방사성 원소의 달 표면 분포

활용 가능한 달 자원 (3/3)

- 백금족 원소
 - 루테튬, 로듐, 팔라듐, 오스뮴, 이리듐, 백금
 - 뛰어난 촉매, 다양한 공업적 용도
 - M-type 소행성에 많이 포함되어 있으며, 소행성 월면 충돌에 의해 월면에서도 많이 존재할 것으로 추정된다.
- 표토와 물
 - 표토와 물은 월면 기지/도로 건설, 장비 제작에 사용될 수 있다. (3-D printing)
 - 물은 사람의 월면 장기 거주에 필수적이다.
 - 물은 지구나 화성으로 가는 로켓 연료로도 쓰일 수 있다.

New Space

- New Space
 - A movement and philosophy encompassing a globally emerging private spaceflight industry.
 - Specifically, a global sector of **new** aerospace companies and ventures **working independently of governments** and traditional major contractors to develop **faster, better, and cheaper access to space** and spaceflight technologies, driven by **commercial**, as distinct from political or other, motivations to broader, more socioeconomically-oriented, ends.
- Characteristics of a New Space approach
 1. Focus on **cost reductions**
 2. An **assurance** that the low costs will **pay off**
 3. Ensuring incremental development
 4. Foray into **commercial markets** with high-consumer rates
 5. Primary emphasis on **optimizing** operations
 6. At the heart of it all, **innovation**

NEW SPACE
EUROPE

2019

Driving Momentum
November 13 & 14 - ECCL Luxembourg

www.newspace-europe.lu #NewSpaceEurope

ESA LUXEMBOURG SPACE AGENCY

VOLUME 7 • NUMBER 4 • 2019 ISSN 2168-0256

NEW SPACE

The Journal of Space Entrepreneurship and Innovation

Ken Davidian, PhD
Editor-in-Chief

The Official Journal of
COEST
Mary Ann Liebert, Inc. publishers
www.liebertpub.com/space

NEW SPACE VISION

2018

NewSpaceVision Conference
How Space Affects Every Industry
27.04 / Berlin
www.newspacevision.com

Topics: Blockchain, Main subject, Law, Artificial intelligence, Hardware, Field & venture, Humans in space, Pharma and material science, Earth observation, Fellowship, Satellite internet, Future propulsion.

“New Space”라는 표현의 기원

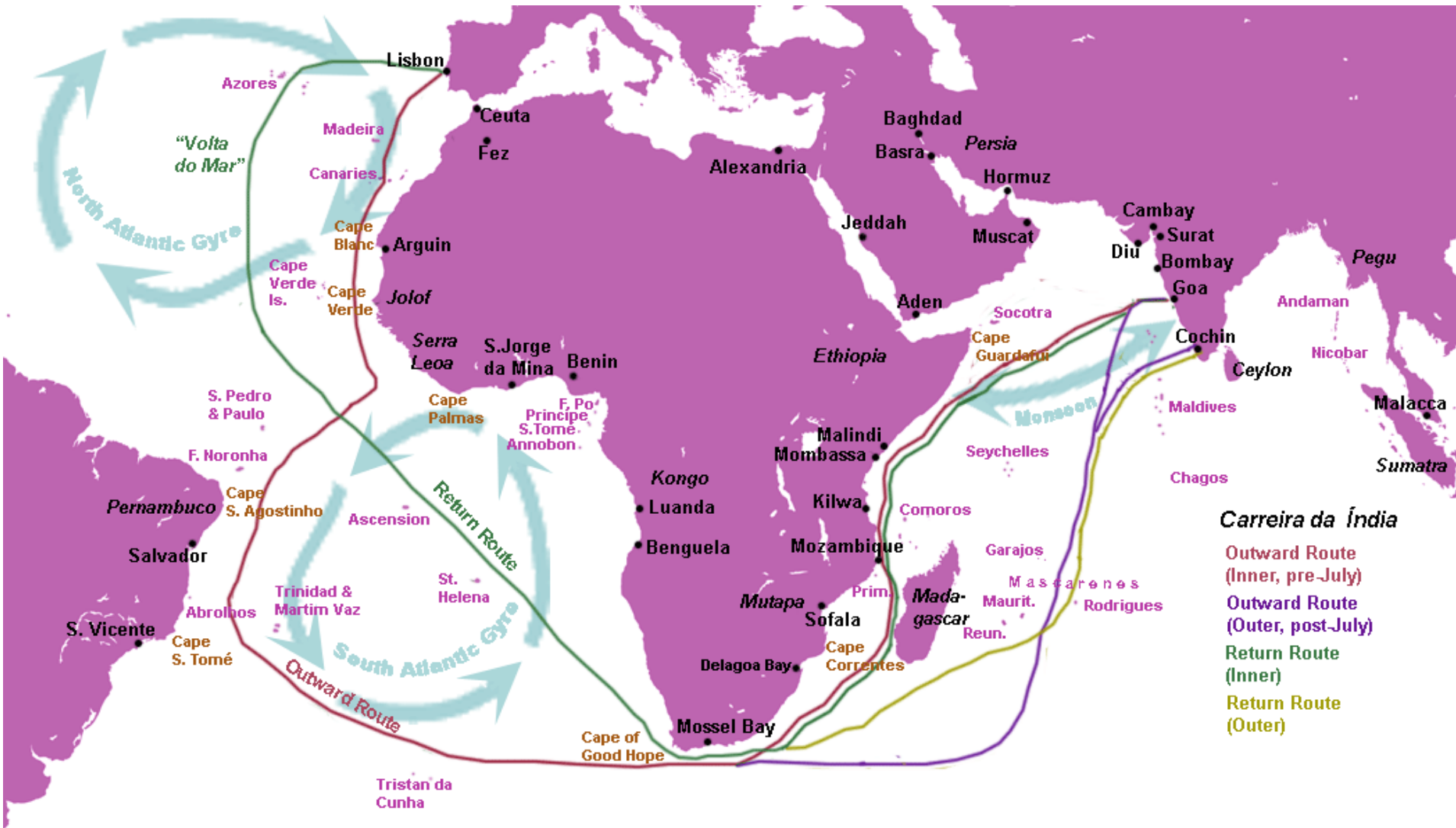


Sebastian Münster, Map of the New World (1540)

대항해 시대: 15세기 포르투갈

- 원양 항해의 시작
 - 1317년, 제노바 출신의 페난샤가 왕실 제독으로 임명되어 이탈리아의 항해·조선 전문가를 포르투갈로 영입 (무슬림 해적을 물리치기 위해)
 - 1419년 마데이라 제도(1000 km 거리)를 발견하고, 이후 사탕수수 농장을 구축.
 - 1427년 아조레스 제도(1500 km 거리)를 발견.
 - 1434년, 강한 무역풍이 시작되는 보자도르 곳에 도달한 후 귀환에 성공.
 - 이 이후 아프리카 서해안을 차례로 점령하여 금과 노예를 착취했으며 1488년 희망봉에 다다름.
 - 결국 1498년에 인도까지 항해하는데 성공했으며, 그 후 향신료 등을 직수입할 수 있게 되었다.





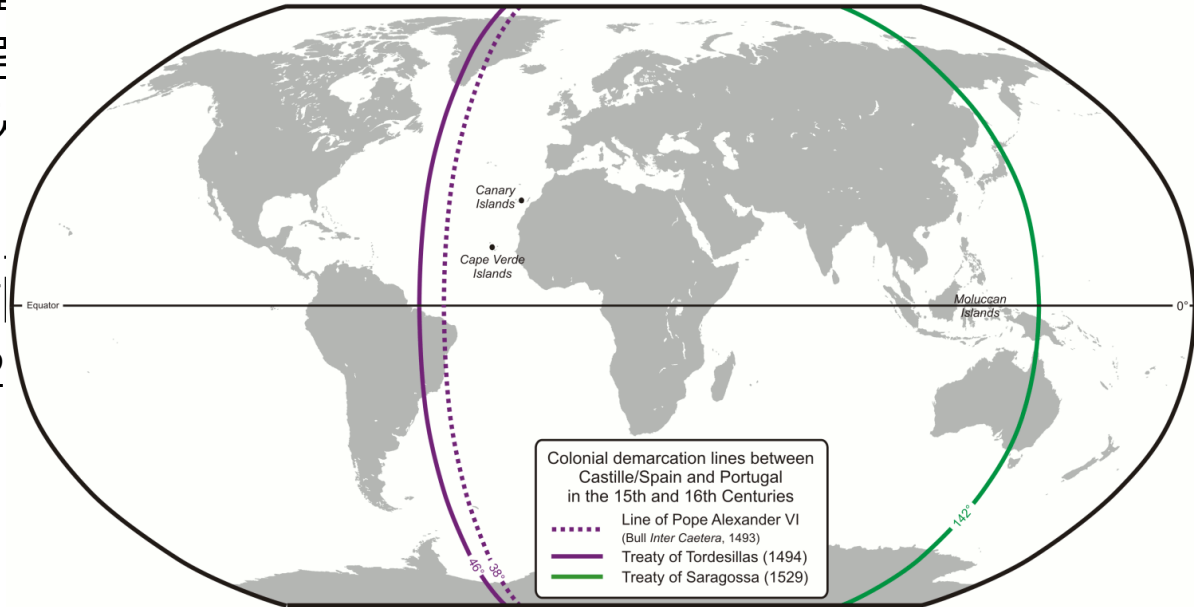
대항해 시대: 16세기 스페인

- 콜럼버스의 아메리카 대륙 발견
 - 이탈리아 출신의 콜럼버스는 해상강국이었던 포르투갈에 서쪽으로의 인도 항로 개척 지원을 두 차례 요청했으나 거절당했다.
 - 거절의 이유는 1) 콜럼버스가 추정한 인도까지의 거리가 너무 짧다는 전문가들의 의견이 있었고, 2) 포르투갈이 희망봉을 막 발견한 시점이었기 때문이다.
 - 콜럼버스는 스페인으로 가서 같은 요청을 했고, 포르투갈이 독점하고 있던 해상권을 견제하고 싶었던 이사벨라 여왕은 이를 받아들였다.
 - 1492년 콜럼버스는 2달여 간의 항해 끝에 바하마 제도를 발견했으며, 총 네 차례의 항해를 통해 남미 대륙과 중미도 발견했다.
- 토르데시야스 조약
 - 콜럼버스의 아메리카 발견 2년 후, 스페인과 포르투갈은 조약을 맺어 서경 43도 37분을 기준으로 서쪽은 스페인이, 동쪽은 포르투갈이 차지하기로 했다.
 - 스페인은 중미, 남미의 대부분을 차지하여 많은 양의 금과 은을 채굴했으며, 태평양을 건너 필리핀과 괌 등도 식민지로 만들었다.

대항해 시대: 16세기 스페인

- 콜럼버스의 아메리카 대륙 발견

- 이탈리아 출신의 콜럼버스는 해상강국이었던 포르투갈에 서쪽으로의 인도 항로 개척 지원을 두 차례 요청했으나 거절당했다
- 거절의 이유는 1) 콜럼 전문가들의 의견이 있었기 때문이다.
- 콜럼버스는 스페인에 있던 해상권을 견제하기
- 1492년 콜럼버스는 2층 네 차례의 항해를



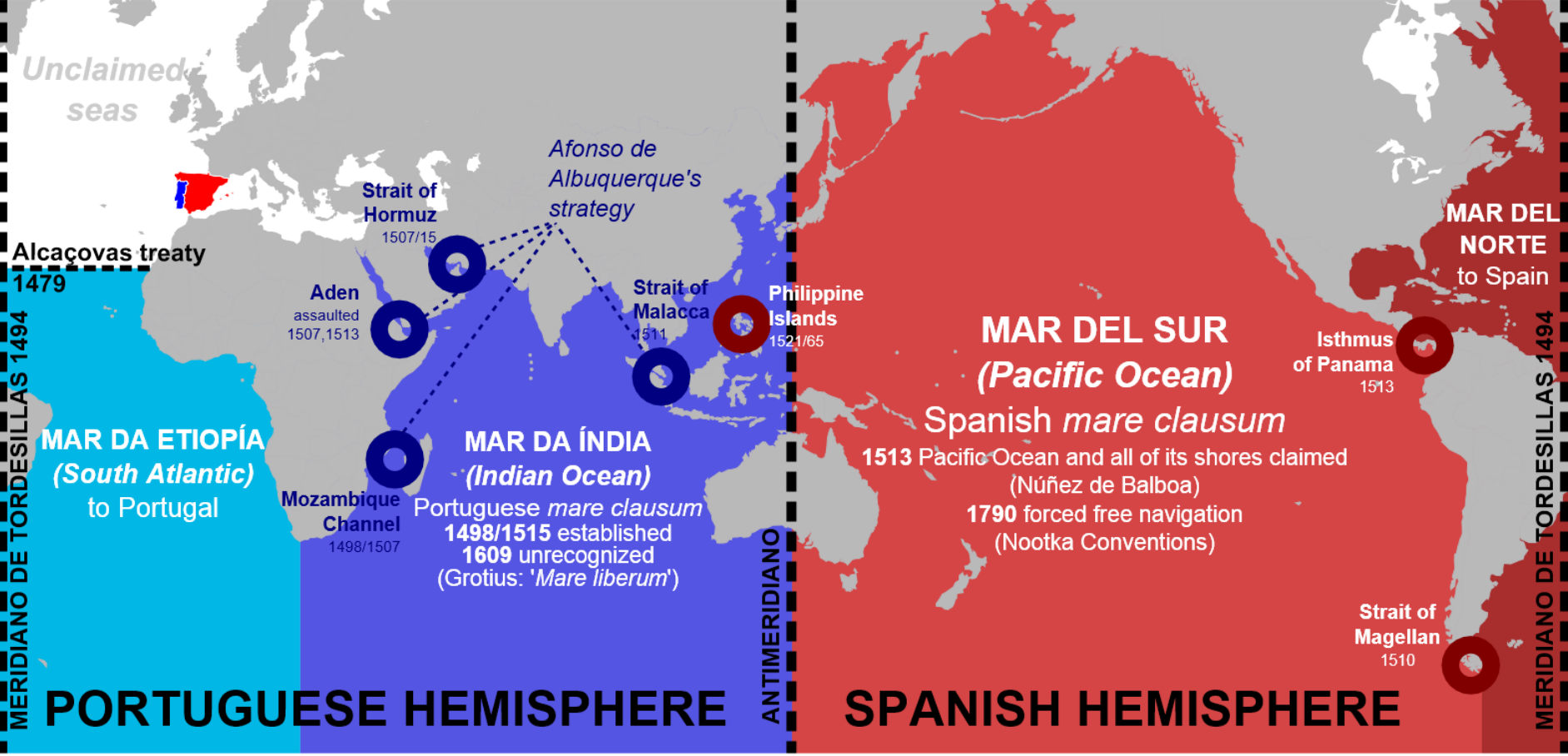
- 토르데시야스 조약

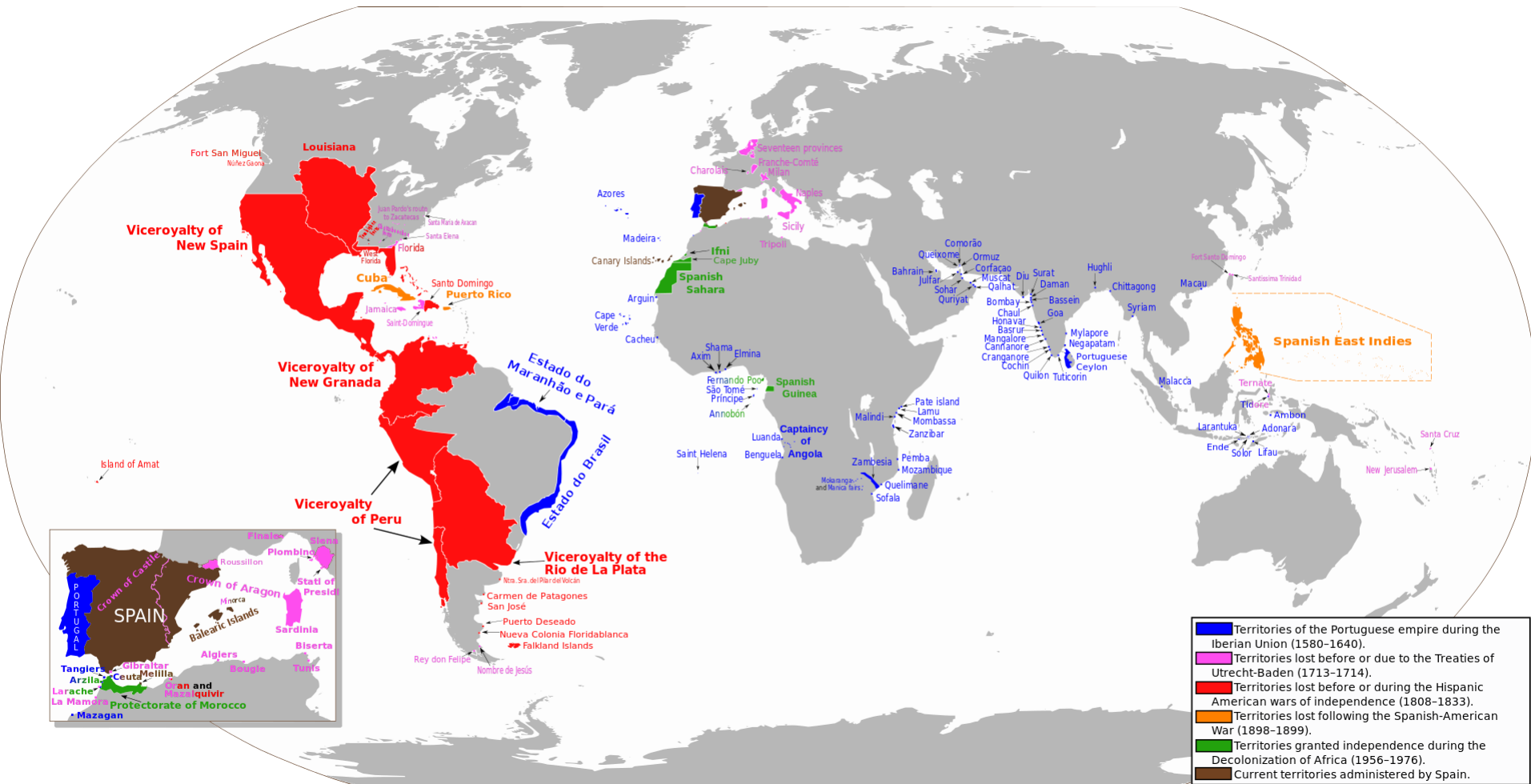
- 콜럼버스의 아메리카 발견 2년 후, 스페인과 포르투갈은 조약을 맺어 서경 43도 37분을 기준으로 서쪽은 스페인이, 동쪽은 포르투갈이 차지하기로 했다.
- 스페인은 중미, 남미의 대부분을 차지하여 많은 양의 금과 은을 채굴했으며, 태평양을 건너 필리핀과 괌 등도 식민지로 만들었다.

Iberian *mare clausum* claims

- Portugal
- Castile/Spain

**mare clausum:*
a sea under the jurisdiction of a single nation and not open to all others
(Collins Dictionary)





대항해 시대: 후발 주자들

- 네덜란드

- 스페인의 통치를 받던 네덜란드가 16세기 중반부터 반란을 일으켜 17세기 중반에 독립하게 되었으며, 더 나아가 세계 제국을 건설하고 유럽에서 가장 부유한 나라가 되었다.
- 네덜란드는 스페인보다 더 쉽게 군사 원정대의 자금을 조달할 수 있었는데, 이는 급성장하는 유럽 금융제도로부터 신뢰를 얻었기 때문이다.
- 네덜란드 제국을 세운 건 네덜란드라는 국가가 아니라 상인들이었다. 네덜란드 상인들은 정복사업에 투자하기 위해 돈을 빌리기도 했지만, 주식을 발행해서 자금을 조달하기도 했다.



1660년의 뉴 암스테르담

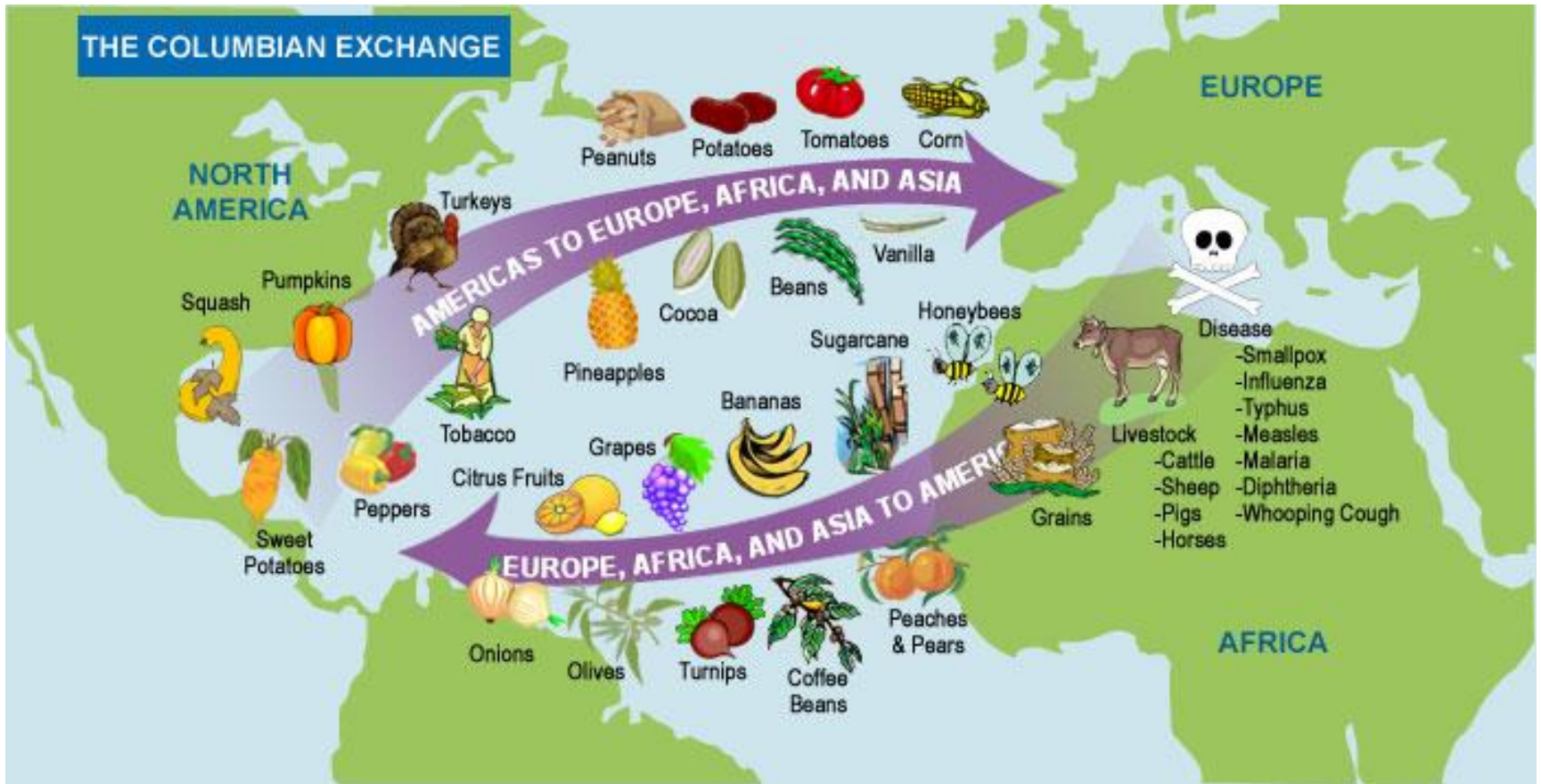
대항해 시대: 후발 주자들

• 영국

- 17세기가 끝나가면서 네덜란드는 뉴욕을 잃었고, 금융 및 제국의 심장이라는 유럽 내에서의 지위도 내놓았다. 이는 네덜란드가 현상에 안주하기도 했고, 또 영국과의 전쟁에 너무 많은 경비를 지출한 때문이었다.
- 네덜란드가 빠져나간 공백을 놓고 프랑스와 영국이 경쟁을 벌였다. 처음에는 프랑스가 우세해 보였으나(인구, 자금, 군사력 등에서), 금융제도의 신뢰를 얻는데 성공한 영국이 결국 이 경쟁에서 승리했다.
- 네덜란드처럼 대영제국은 대부분 민간 주식회사들에 의해 설립, 운영되었고, 이들 회사는 런던 주식거래소에 기반을 두었다.



THE COLUMBIAN EXCHANGE



대항해 시대의 원동력: 副

- 자본주의의 태동

- 15세기 말, 콜럼버스는 동아시아를 향한 새 무역로 개척을 위해 선단을 구성할 자금을 모색했으며, 포르투갈, 이탈리아, 프랑스, 영국 등에서 투자자를 찾았으나 모두 실패했다.
- 콜럼버스는 로비스트를 고용하여 결국 스페인의 이사벨라 여왕에게서 투자를 받는 데에 성공했으며, 콜럼버스의 신대륙 '발견'으로 스페인의 왕, 은행가, 상인 등이 상상도 하지 못한 만큼 부자가 되었다.
- 그 뒤에 활약한 네덜란드와 영국도 민간 주식회사들에 의해 성장하였다.

- 21세기의 New World

- 15세기초부터 20세기 초까지 이어진 대항해 시대와 식민지 쟁탈전은 서유럽 국가들에게 엄청난 자원과 영토를 제공했으며, 현재의 부를 축적할 수 있게 해주었다.
- 이러한 역사를 선명하게 기억하고 있는 서구는 **달과 화성**을 다음 번 New World로 바라보고 있을 것이 분명하다.
- 달과 화성으로의 상업적 대항해는 서서히 민간에 의해 주도 되어 가고 있으며, 이는 15~19세기에 스페인, 네덜란드, 영국에서 있었던 현상과 유사하다.

^3He on the Lunar Surface

- 많은 양의 ^3He 가 태양풍에 포함되어 날아 옴
- 달에는 자기장이 거의 없기 때문에 달 표면에 쌓이게 됨
- ^3He 분포는 향후 있을 우주탐사에 중요한 정보가 됨
- 달 표면의 ^3He 를 희석시키는 두 가지 요인
 1. Earth's magnetosphere
 2. Constant gardening (mixing) of the surface soil