

Urban Disaster Management

2023-1

Professor Kim Byung Sik

Disaster ?

- 재해의 의미
- 도시성장과 재해
- 국내외의 도시에 미치는 재해사례
- 도시재해의 정의

인류의 역사를 바꾼 '농업'

밭의 출현으로 바뀐 생활

인류는 400만 년에 이르는 역사에서 99.99퍼센트 이상의 기간을 수렵과 어로, 채집을 중심으로 생활했다. 그 무렵 인구는 매우 적었고, 사람은 각자 생활환경에 맞는 식량을 모아 안정적인 생활을 영위했다.

그런데 약 1만 년 전 빙하기가 끝난 후 기후가 따뜻해지고 건조해지면서 대지가 메말라 사냥과 식물 채집만으로는 생활할 수 없는 지역이 생겼다. 이런 지역의 사람들은 숲과 들판을 불태워 밭으로 만들고 주위에서 자라는 야생 보리와 조 같은 특정 작물(곡물)을 재배했다. 즉 농업이 시작된 것이다. 농업으로 좁은 공간에서 많은 수확을 할 수 있게 되자 인구수가 크게 증가했다. 생활의 위기에 직면해 있던 건조지역은 자연에 둘러싸인 밭으로 바뀌면서 단번에 인류사를 주도하게 된다.

라틴어로 '경작하는 것(cultura)'이 '문화(culture)'의 어원이라는 점에서 알 수 있듯이, 밭의 확대는 인류사를 크게 바꾸어놓았다. 이는 동시에 있는 그대로의 자연이 훼손되는 역사의 시작이기도 했다. '개밭'의 시대가 열린 것이다.

대지의 여신과 곡물의 신

본래 자연에서 수렵과 식물 채집을 하던 사회에서는 식량을 신(자연)에게서 받는 것이라고 믿었다. 따라서 그들의 신앙은 자연을 식량을 주는 신으로 여기고 숭배하는 애니미즘(자연 숭배)이다. 그러나 농경이 시

태고



1만 년 전



5,000~4,000년 전



▶ 농업 발달에 따른 1인당 필수 토지 면적 변화

농경민 한 사람은 수렵·채집민에 비해 훨씬 작은 면적의 토지로 생활이 가능하다.

서 만든 석기를 쓴 시대는 '신석기시대'라 한다.

기원전 3000년경: 도시혁명

도시혁명으로 형성된 문명

실처럼 뿔어나가며 성장하는 '도시'

농지에 이어 도시가 출현했다. 농사 기술이 개량되고 인구가 늘어나 농지가 부족해지자, 사람들은 힘을 합쳐 치수와 관개를 통해 새로운 농지를 만들었다. 그리고 이 같은 개척을 추진하는 중심지로 도시를 이루었다. 도시는 스스로 식량을 생산하지 않는 사람들이 모여 사는 공간으로, 대개 성벽을 쌓아 주위와 격리되었다.

도시의 역할은 무엇이였을까? 도시민은 주변 농촌에 치안 유지, 신앙, 교역 등의 서비스를 제공하고 그 대가로 식량을 얻었다. 이를 위해 도시는 도로와 수로를 정비하고 복잡한 인간관계로 농촌과 연결되어야 했다. 관료, 군대, 신관 등의 조직이나 법률을 이용해 농촌을 통치하고 강제로 세금도 거둬들였다. 도시는 마치 신경세포처럼 많은 실(네트워크)을 여러 농촌으로 뻗어 하나의 사회 단위가 된 것이다.

한편 도시가 신앙의 중심, 정치·군사의 중심, 교역의 거점으로 건설되었다는 설도 다수 있다. 그만큼 도시는 다양한 기능을 지닌 경이로운 공간이었던 것이다. 고고학자 차일드는 도시 형성에 따른 사회의 변동을 '도시혁명'이라 불렀다. 그 후 약 5,000년에 걸쳐 도시는 지구 전체로

퍼져나가 인류 사회를 변화시켰다.

건조 지대에 가장 먼저 나타난 도시

도시는 농경이 시작된 건조 지대에서 탄생해 점점 주변으로 퍼져나갔다. 문명(civilization)은 '도시에서 사는 것'이라는 어원처럼 도시의 성립을 계기로 탄생했다.

인류 역사상 가장 오래된 도시 유적 중 하나가 기원전 7000년대 튀르키예의 차탈 휘이크(Catal Huyuk) 유적이다. 햇볕에 말린 벽돌로 지어진 집들이 모여 있는데, 약 1,000세대에 인구 5,000명이 살았던 것으로 추정된다. 간단한 관개로 밀을 재배하고 소도 사육했다.

도시 네트워크는
5,000년간 계속
확대되었다.



▶ 도시와 네트워크의 팽창

What is Disaster?

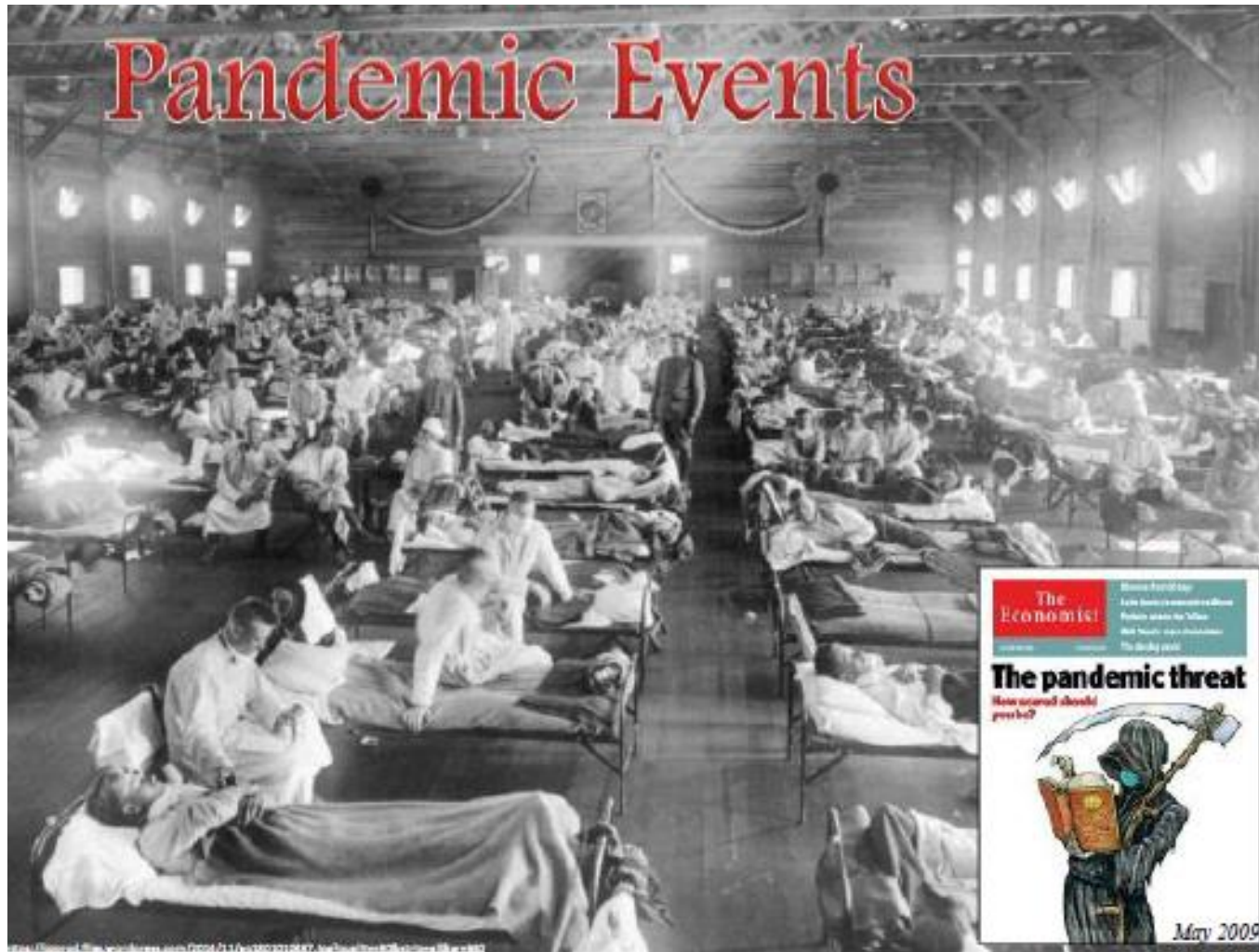


And, now, a recipe for disaster!





Pandemic Events





Spatial extent



Prolonging time



Damage

Scale/ Loss of Functionality/Social impact

Individual



Accident

Local Gov.



Emergency

Central Gov.



Disaster

National Gov.



Catastrophe

*Global,
International*



Pandemic

Frequency

재해 / 재난의 의미

- **재해**

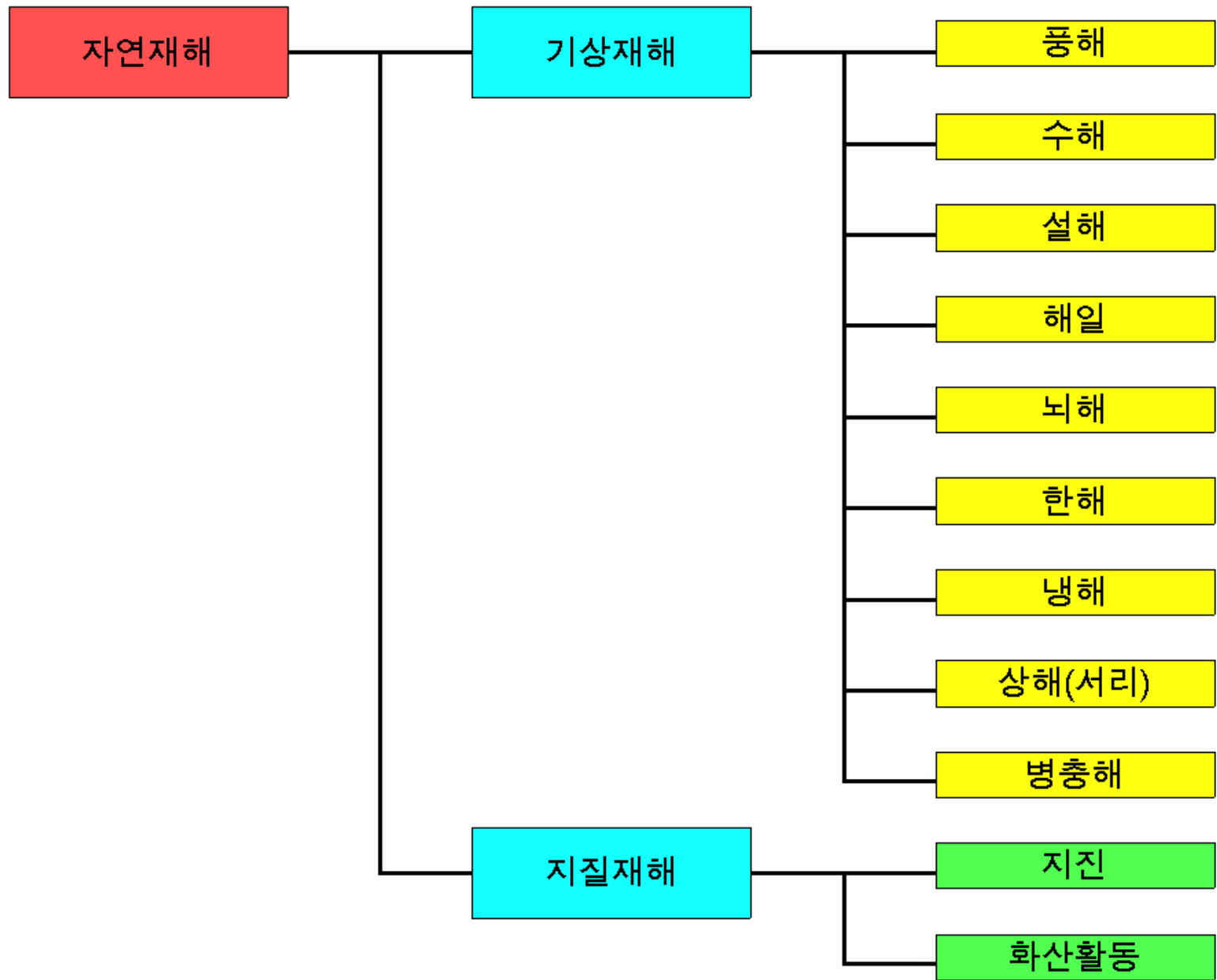
- 일반적으로 인간의 사회적 생활과 인명, 재산이 이상 자연현상 등과 같은 외력에 의해 피해를 받았을 경우

- **재난**

- 재해를 유발시키는 원인

인간의 생존과 재산의 보존이 불가능할 정도로 생활질서가 위협받은 상태를 초래시키는 사고 또는 현상을 재난이라고 하며,

이로 인한 피해를 재해라 한다.



인위재해

물리적 재해

교통사고

기계사고

시설물사고

화학적 재해

화재사고

폭발사고

오염 재해

대기오염

수질오염

토질오염

특수 재해

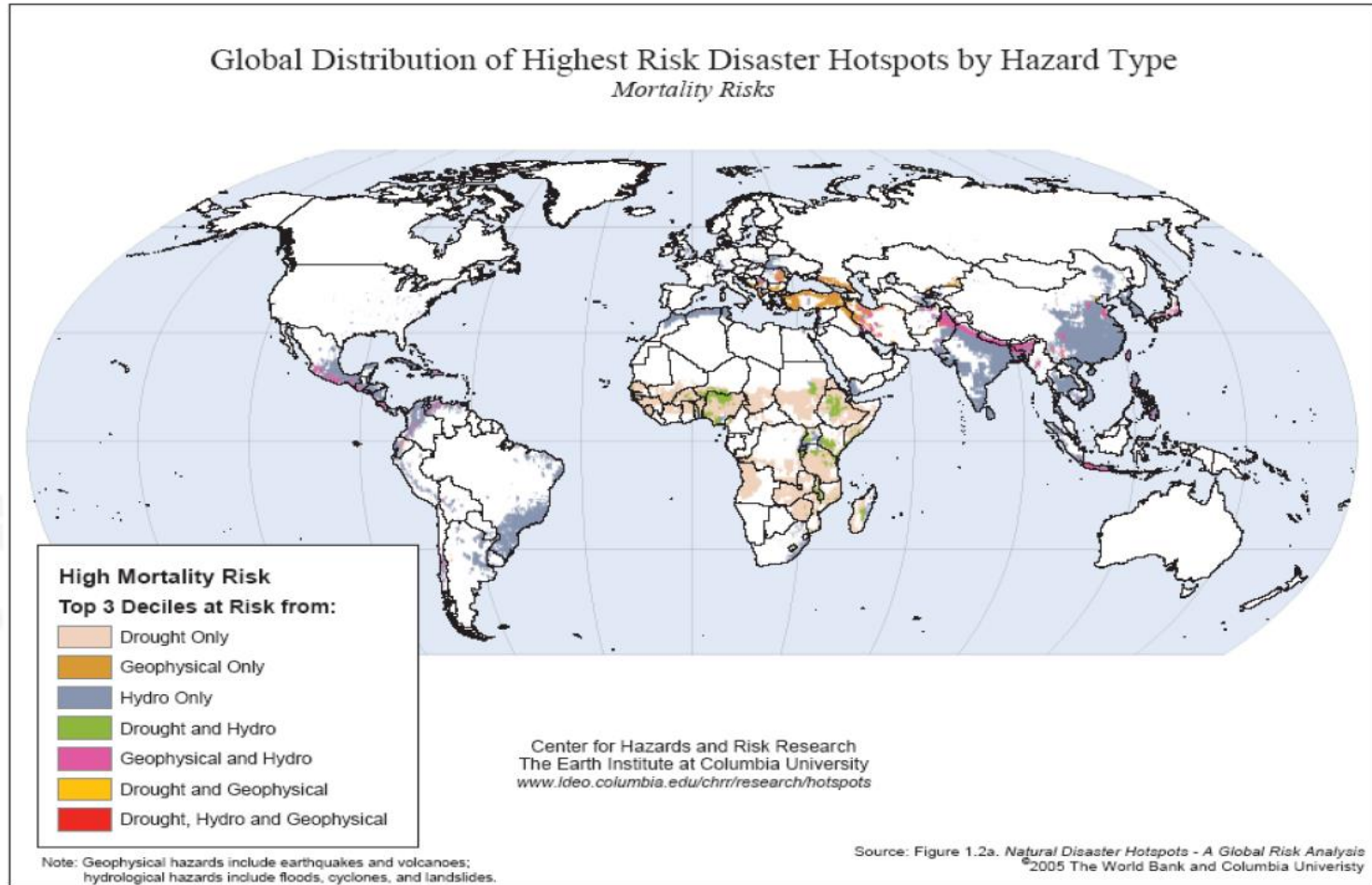
원자력사고

전염병

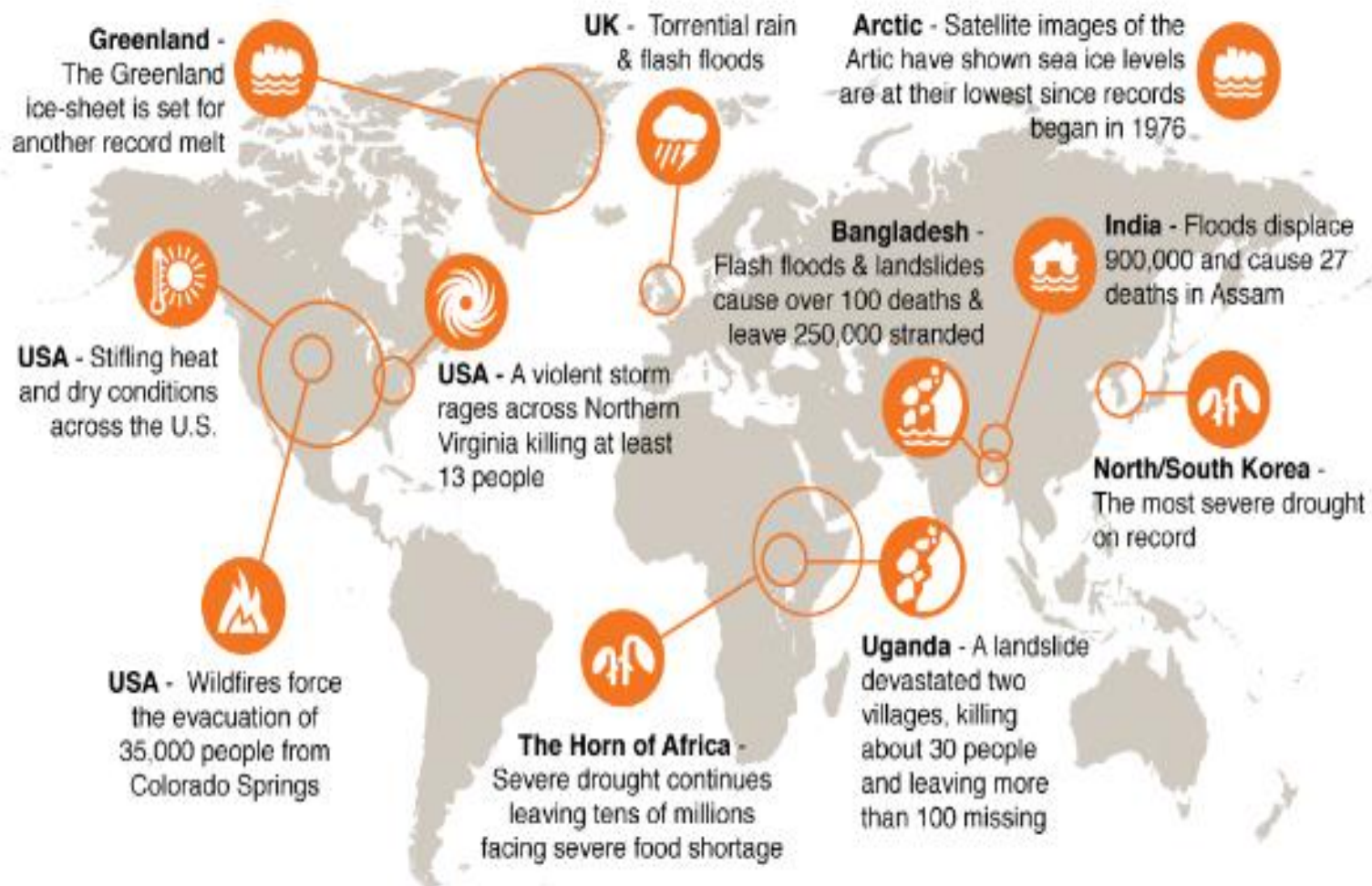
소요사태

전쟁

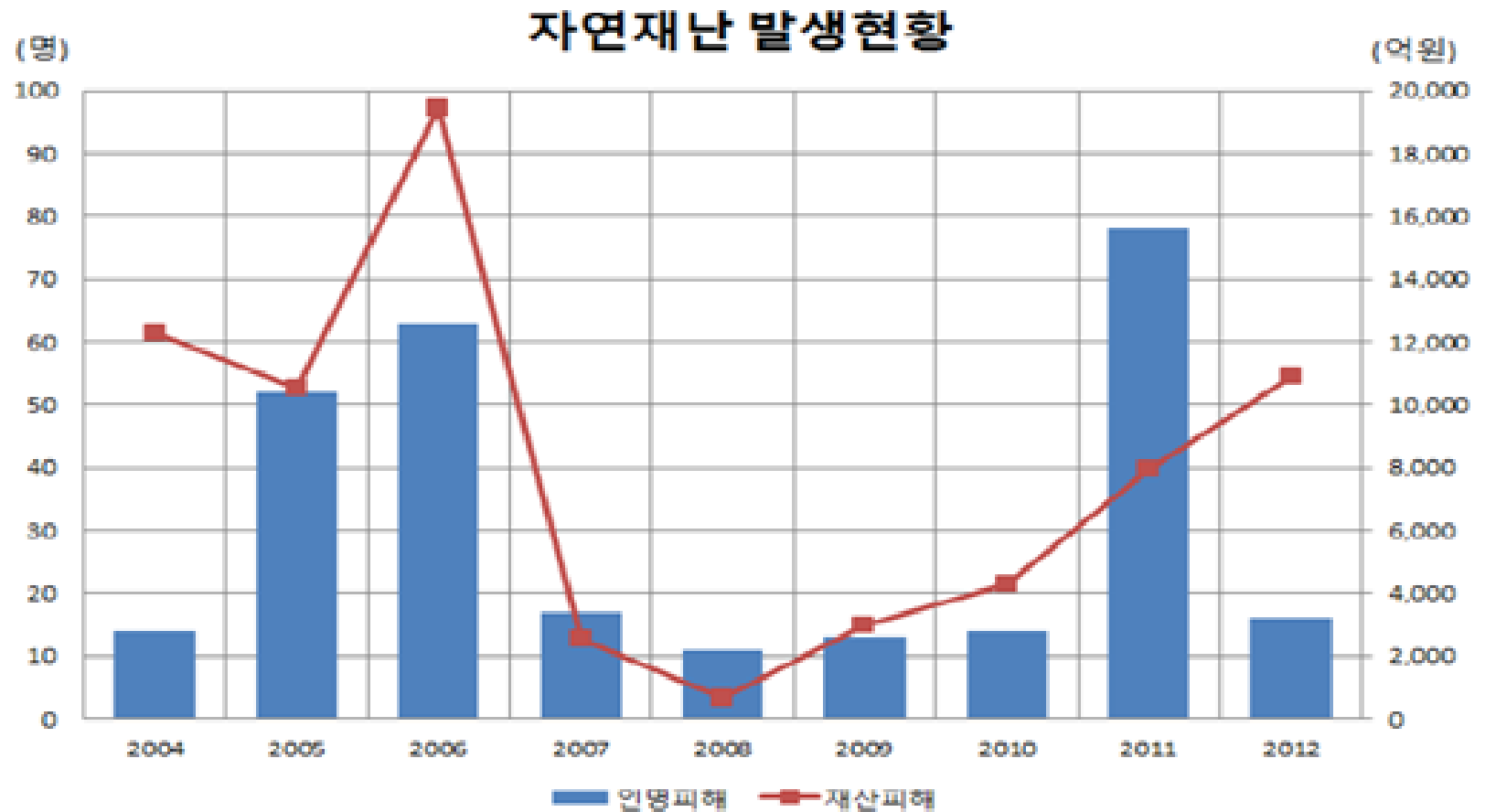
세계의 재해 유형 분포

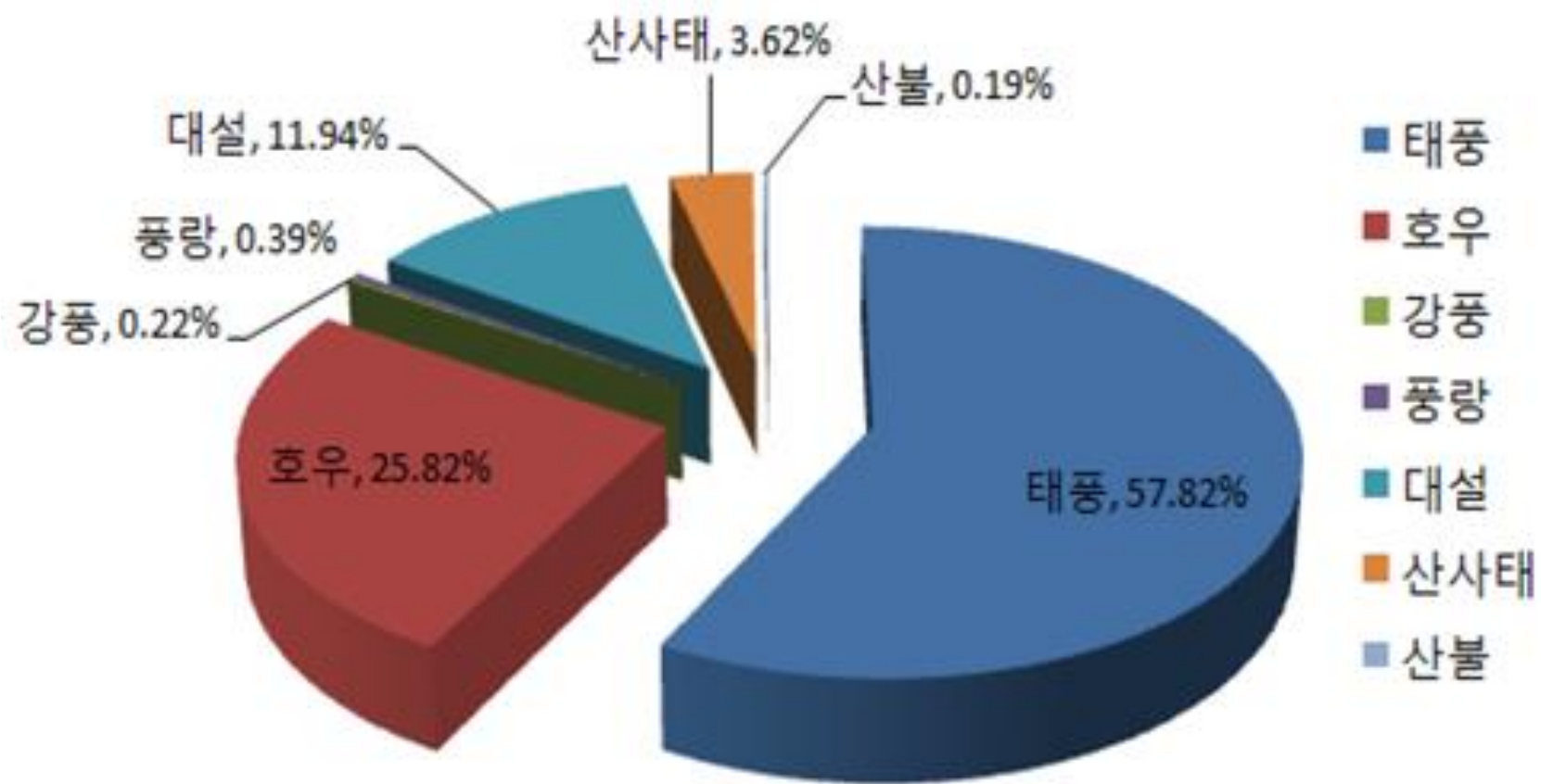


Extreme weather 25 June - 5 July, 2012



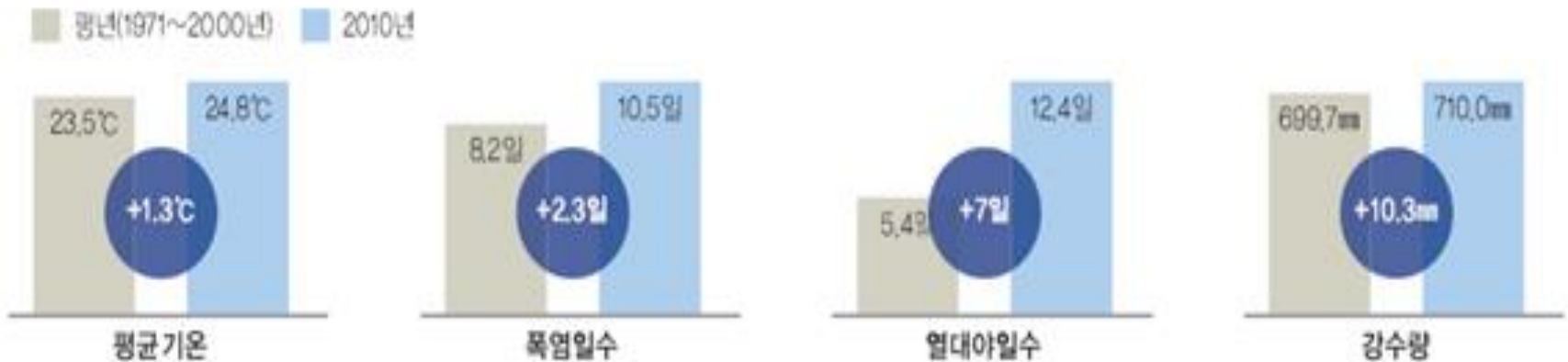
국내의 자연재해 발생





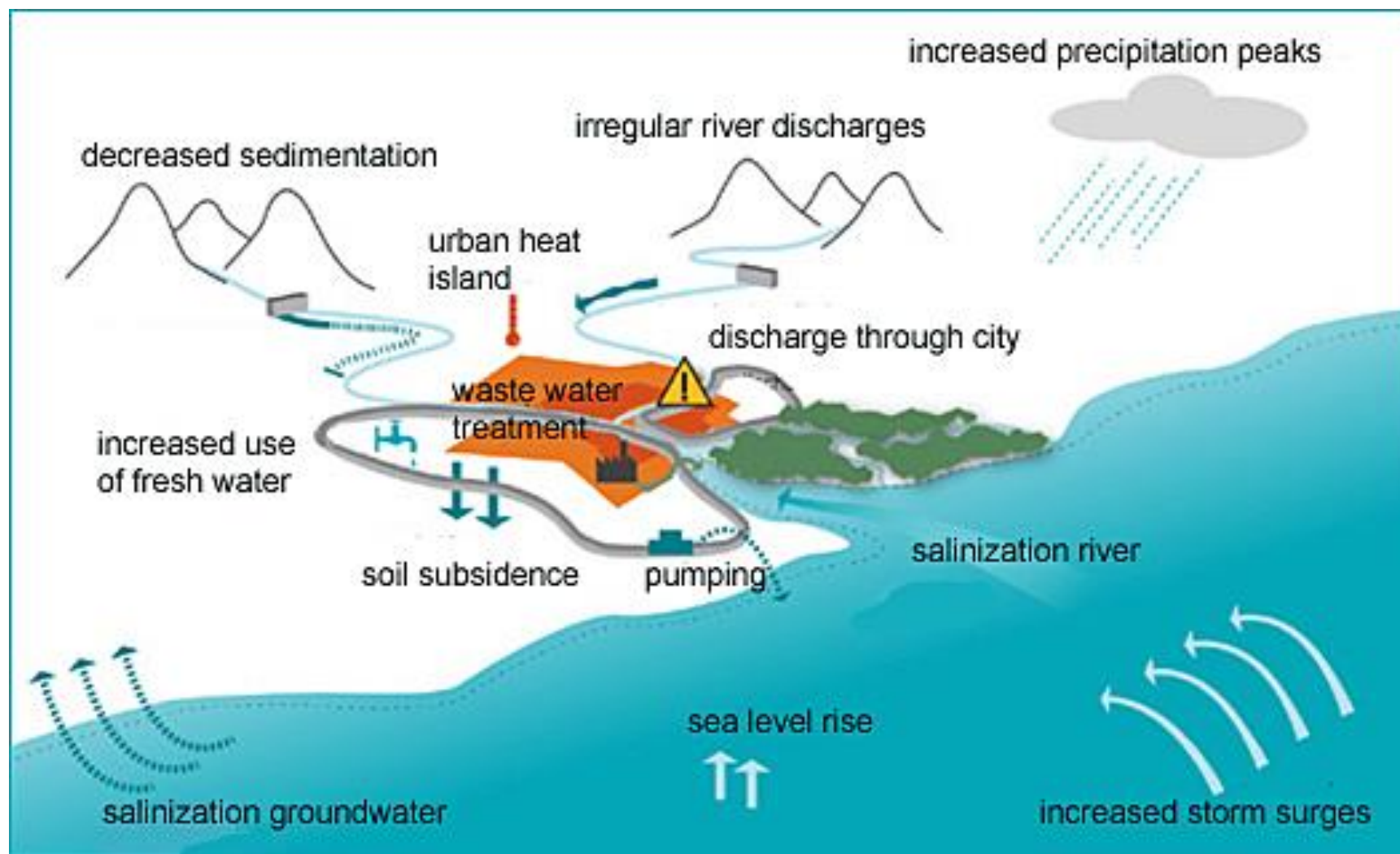
Climate change

[그림 1] 2010년 우리나라 아열대화 징후



[그림 2] 우리나라 계절 길이 변화

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
2010년	겨울		봄		여름				가을			
2050년	겨울 (-27일)		봄 (+10일)		여름 (+19일)				가을 (-2일)			



City Climate Hazard Taxonomy

C40's classification of city-specific climate hazards



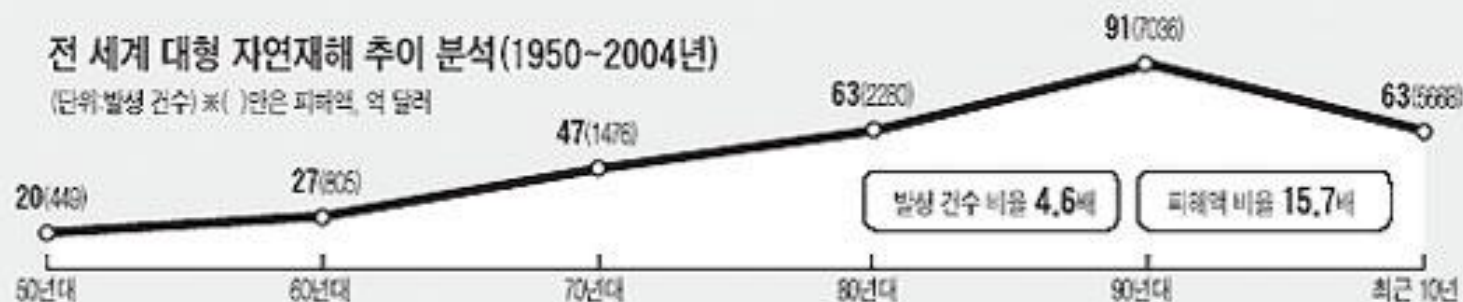


세계 주요 도시 재해위험도 지수



전 세계 대형 자연재해 추이 분석(1950~2004년)

(단위: 발생 건수) ※ ()안은 피해액, 억 달러

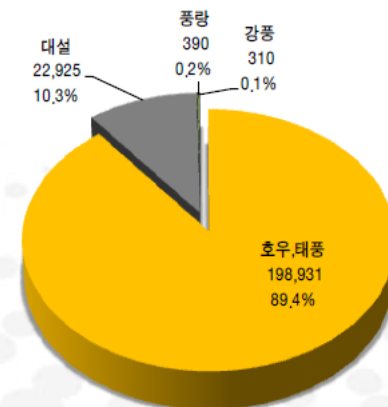


자연재난의 대형화

- 2000년대 연평균 피해액 약 2조6천억원 (1990년대 대비 약 3.7배 증가)
- 최근 10년간 풍수해 중 피해액 약 20조원, 연평균 약 2조원
 - 과거 20년간('76~'95) 연평균 피해액 약 2천3백억원보다 9배 증가
 - 2002년 6조8천억원, 2003년 4조8천억원, 2006년 3조5천억원
- 최근 10년간 인명피해 1,203명, 연평균 약 120명
 - 과거 20년간('76~'95) 연평균 인명피해 268명
 - 과거보다 1/2이하로 감소, 그러나 대규모 홍수시 반복적 피해 발생
- 서울의 자연재난 위험도는 세계 50개 거대도시 중 14위
 - 동경 1위, 미국 로스엔젤레스 등 4개 도시 10위내 (Munich Re)
- 도시화의 진전으로 불투수면적 증가, 홍수도달시간 단축 및 침투홍수량 증가로 침수피해 가중
 - 적극적인 수방시설 보강으로 전반적인 홍수피해는 감소하고 있으나, 지역적 집중호우에 따른 침수피해는 반복적으로 발생
 - 도시화 진행으로 제방增高, 하천 폭 확장 등 전통적인 하천중심 치수대책의 시행 곤란

자연재난 피해액

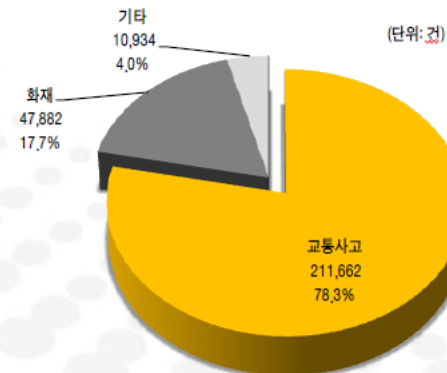
(단위: 억원)

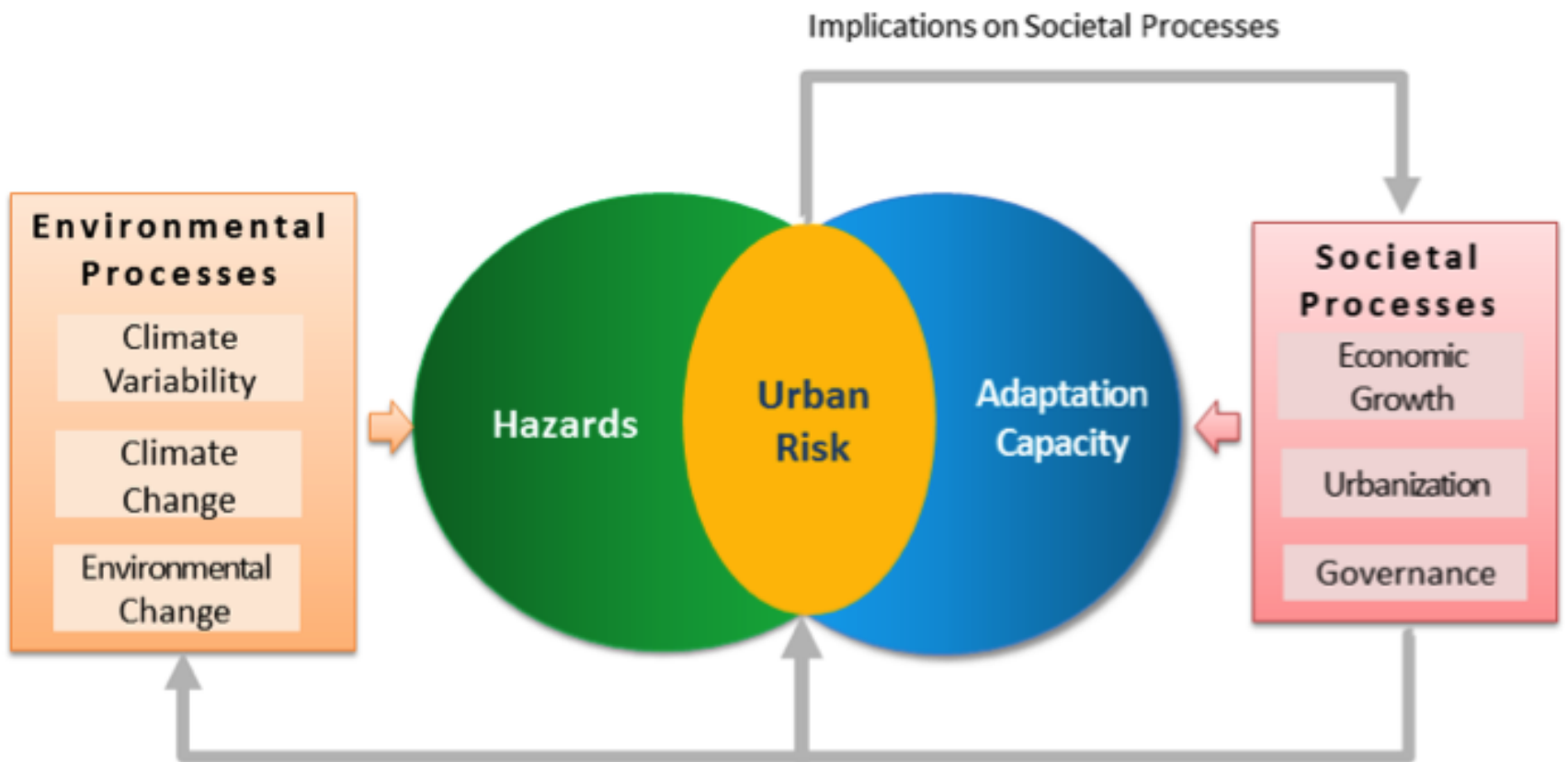


도시재해의 복합성

- 급속한 도시화 : 1970년 40.7%에서 2010년 81.9%
 - 1970년 : 세계평균(30.0%), 미국(73.6%), 독일(72.3%), 일본(53.2%)
 - 2010년 : 세계평균(50.6%), 미국(82.3%), 독일(73.8%), 일본(66.8%)
- 도시기능의 고도화
 - 정보통신기술의 혁신, 인구의 도시집중과 고밀화, 산업의 고도화 및 분업화, 도시시설의 네트워크화 등
- 공간이용의 고층화, 고밀화, 복합화에 의한 재난위험도 증가
 - 최근 3년간 21층 이상 고층건물 화재 872건, 31층 이상 86건 (2006년 대비 4배)
- 각종 다중이용시설·다중복합공간 증가
 - 고시원 PC방 등 다중이용업소 지속적 증가(2003년 이후 매년 4%)
- 대형화재, 폭발사고, 교량·건축물 붕괴사고, 산업시설·수송차량 유해물질 누출사고, 테러 등 위험성 증가
- 생활안전사고 증가, 약자 안전사고 증가

인적재난 발생건수





도시재해 특성

✓복합적 발생, 연쇄적 파급, 다양한 피해

- 인구, 시설, 활동, 서비스 등 다양한 요소가 상호 유기적으로 밀접하게 관련되어 기능 유지
- 인구 및 시설 집중, 고밀도 토지이용에 의한 피해규모 방대
- 고도의 시스템과 네트워크에 의해 재해 발생시 2차, 3차 재해가 연쇄적으로 발생
- 건축물·시설물 붕괴, 화재, 교통마비, 라이프라인 및 기반시설 피해는 도시기능 마비와 사회시스템 붕괴 초래

도시방재 시스템

- 도시 전체적인 측면에서 방재 고려
 - 재해에 강한 환경 조성(공간구조, 토지이용)
 - 방재시설, 방재거점 확보
- 종합적 관점에서 재해위험요인 검토 및 대책 수립
- 재해발생과 피해확대에 대한 정확한 매커니즘 분석
 - 재해예측, 매커니즘 규명
 - 방재시스템 구축, 인적 커뮤니티 강화



- 재난관리 각 분야의 전문성과 이를 연결할 수 있는 고도의 능력과 기술이 요구됨

사회 구조의 변화



도시재해







도시재해의 복합성



도시방재와 방재도시의 개념

도시방재의 정의

- 도시에서 발생할 수 있는 여러 가지 재해를 예측하고, 그 피해를 최소화하기 위한 활동
- 도시계획에서의 방재계획은 도시의 장기적인 발전방향과 지침을 제시하는 도시계획
- 도시기본계획에 방재계획을 필수적인 내용항목의 하나로 포함

방재도시계획에 대한 정의

- 도시지역에 대한 재해대책으로 도시의 방재와 관련된 대책 중 도시계획 측면의 방재대책을 통칭
- 공간적 범위에 따라 도시레벨의 방재도시계획과 지구레벨의 방재도시계획으로 세분

도시방재계획과 방재도시계획의 구분

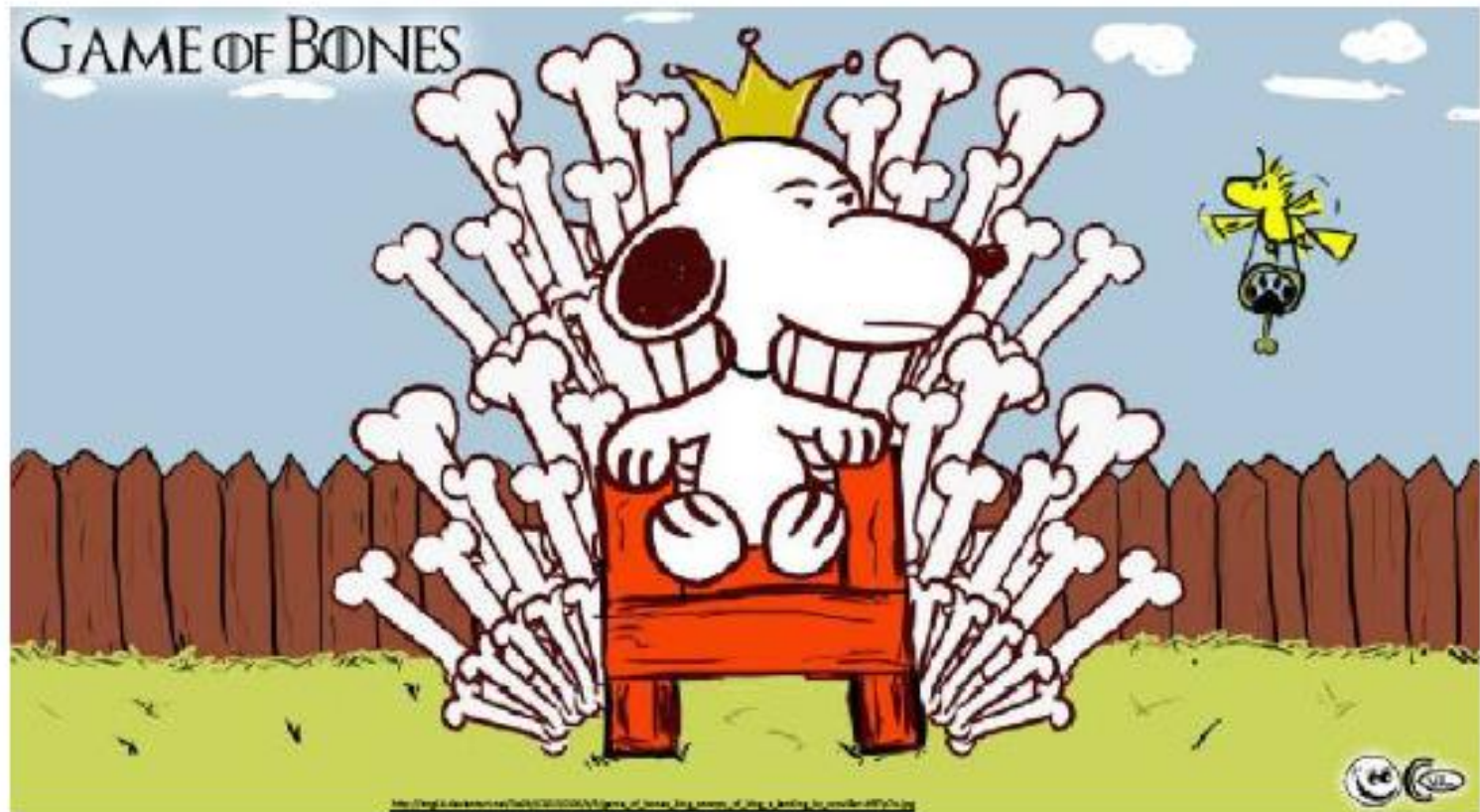
- 도시방재계획 : 도시에서 발생하는 모든 재난 및 방재와 관련된 계획을 총칭
- 방재계획 : 도시방재계획 중 도시계획제도를 바탕으로 하는 방재계획으로 일본의 경우 방재도시 만들기가 해당되며 우리나라는 도시기본계획의 방재 및 안전부문 계획을 의미함



What can we do about Disasters?



Well Prepared before it happens



Disaster Management Cycle



Crisis Response vs. Risk Management

- Crisis Response

- Reactive
- Less coordination
- Low efficiency/effectiveness
- High loss/damage

- Risk Management

- Proactive
- Monitoring/Warning
- Well-Preparation

How to in risk management

- *Define Risk*
 - Hazard
 - Exposure
 - Vulnerability
- *Risk Analysis*
 - Loss estimation
 - Risk Map



<http://www.matchrafoto.com/wp-content/uploads/2013/03/Risk-Management.jpg>

Risk **by wikipedia**

- **Risk is potential of losing something of value.**
- **Values** (such as physical health, social status, emotional well-being or financial wealth) can be gained or lost when taking risk resulting from a given action or inaction, foreseen or unforeseen.
- **Risk can also be defined as the intentional interaction**
- **with uncertainty.**
- **Uncertainty** is a potential, unpredictable, unmeasurable and uncontrollable outcome;
- **Risk is a consequence of action taken in spite of uncertainty.**
- **Negative**

Risk

Negative

- *Negative events*
- **Man-induced:** *Fire, chemical, terrorism*
- **Natural:** *Hurricane, earthquake, flood, drought*
- **Societal:** *Public health/safety, information/cyber*

Future

- *Probable events*
- *May/may not occurrence*
- *Linked with occurrence probability*
- *Uncertainty*
- *Future time span*

Traditional Perspectives

- **Probability of single event occurrence**

Airplane crash probability is about 1 to 5,074,091

The death rate for lung cancer

- **The consequence of an event**

The number of casualty in a earthquake with scale of 9.0

Risk is effect of uncertainty on objectives



Risk Identification

- *describing risks*

- *involves the identification of risk sources, events, their causes and their potential consequences.*
- *can involve historical data, theoretical analysis, informed and expert opinions, and stakeholder's needs.*
- *structured statement of risk usually containing four elements: **sources, events, causes and consequences***

Risk Analysis

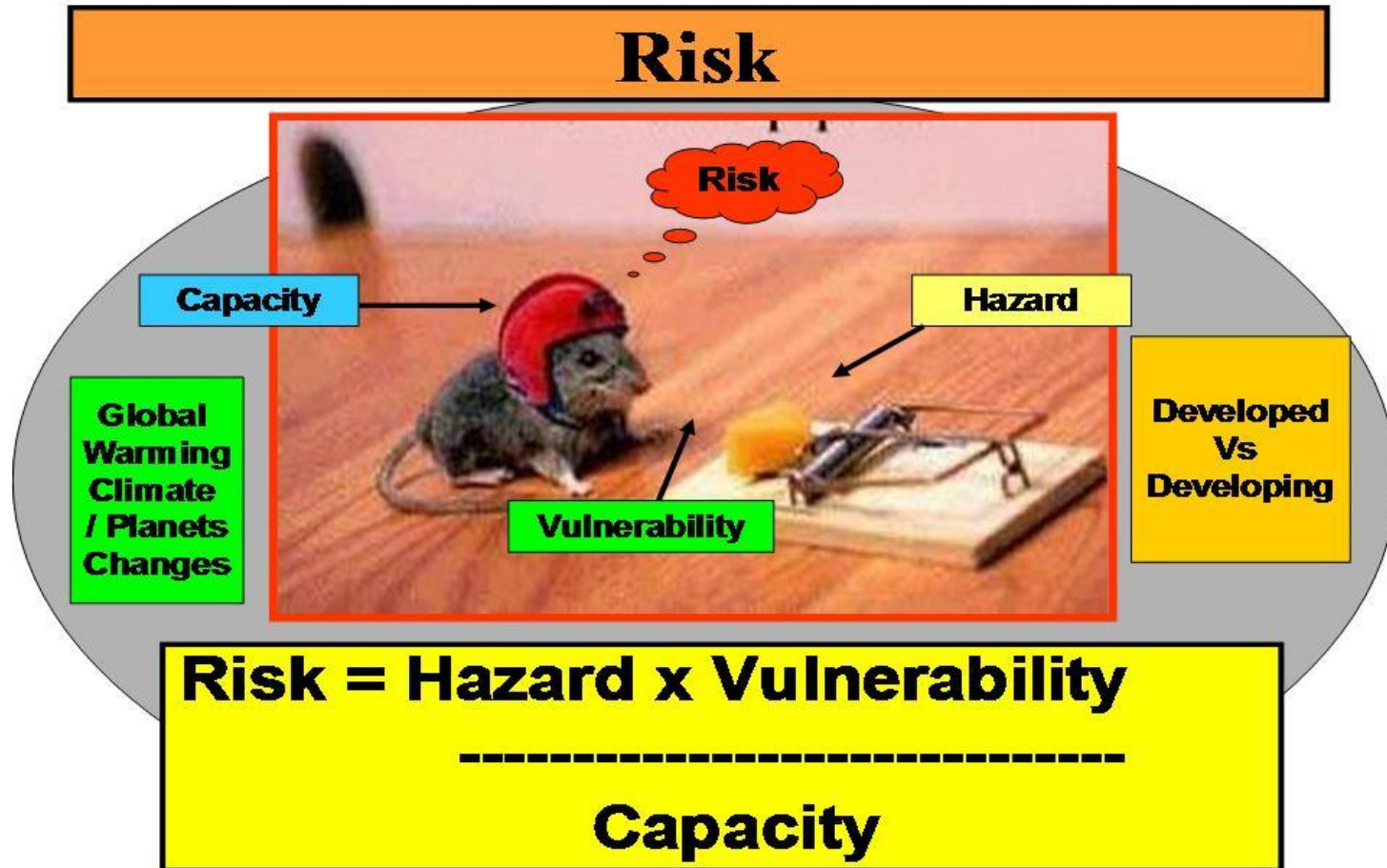
- **Process to comprehend the nature of risk and to determine the level of risk**
 - Risk analysis provides the basis for **risk evaluation** and decisions about **risk treatment**
 - Risk analysis includes **risk estimation**



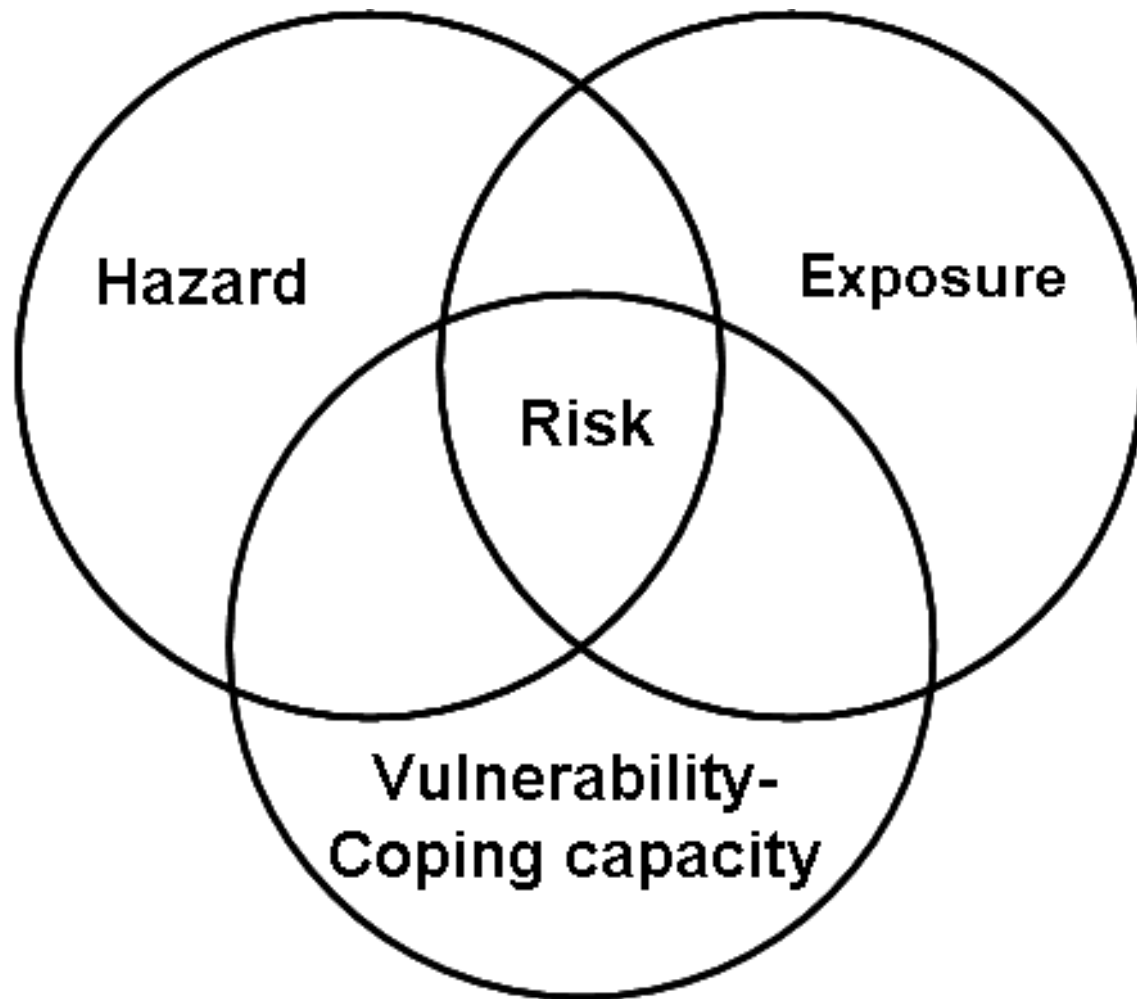
Risk Analysis

- **Hazard**
 - *source of potential harm*
- **Vulnerability**
 - *intrinsic properties of something resulting in susceptibility to a risk source that can lead to an event with a consequence*
- **Exposure**
 - *extent to which an organization and/or stakeholder is subject to an event*
- **Consequence**
 - *outcome of an event affecting objectives*
 - *May be certain/uncertain ; positive/negative, qualitative/quantitative.*
- **Resilience**
 - *adaptive capacity of an organization in a complex and changing environment*

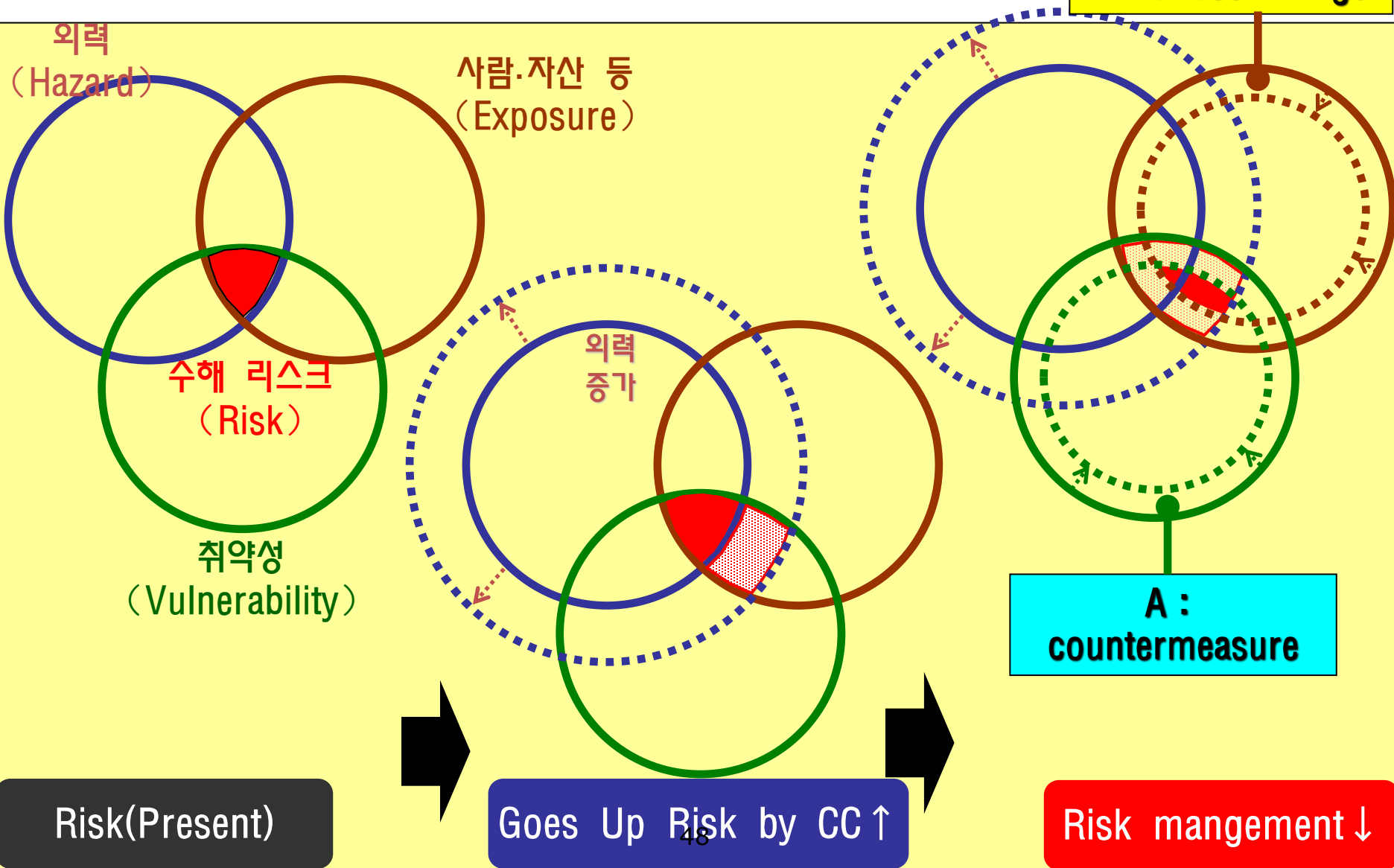
Risk Analysis



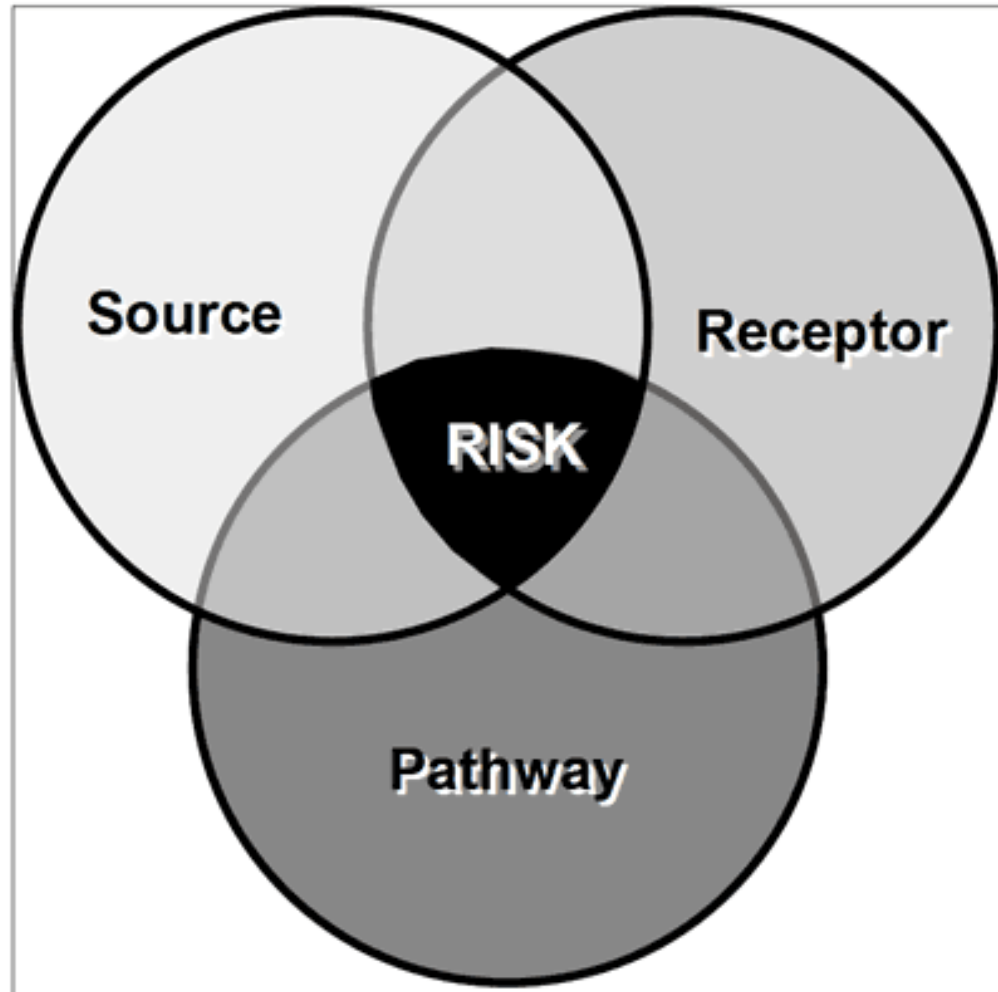
Risk Analysis



Risk Analysis



Risk Analysis



Risk Analysis



homework

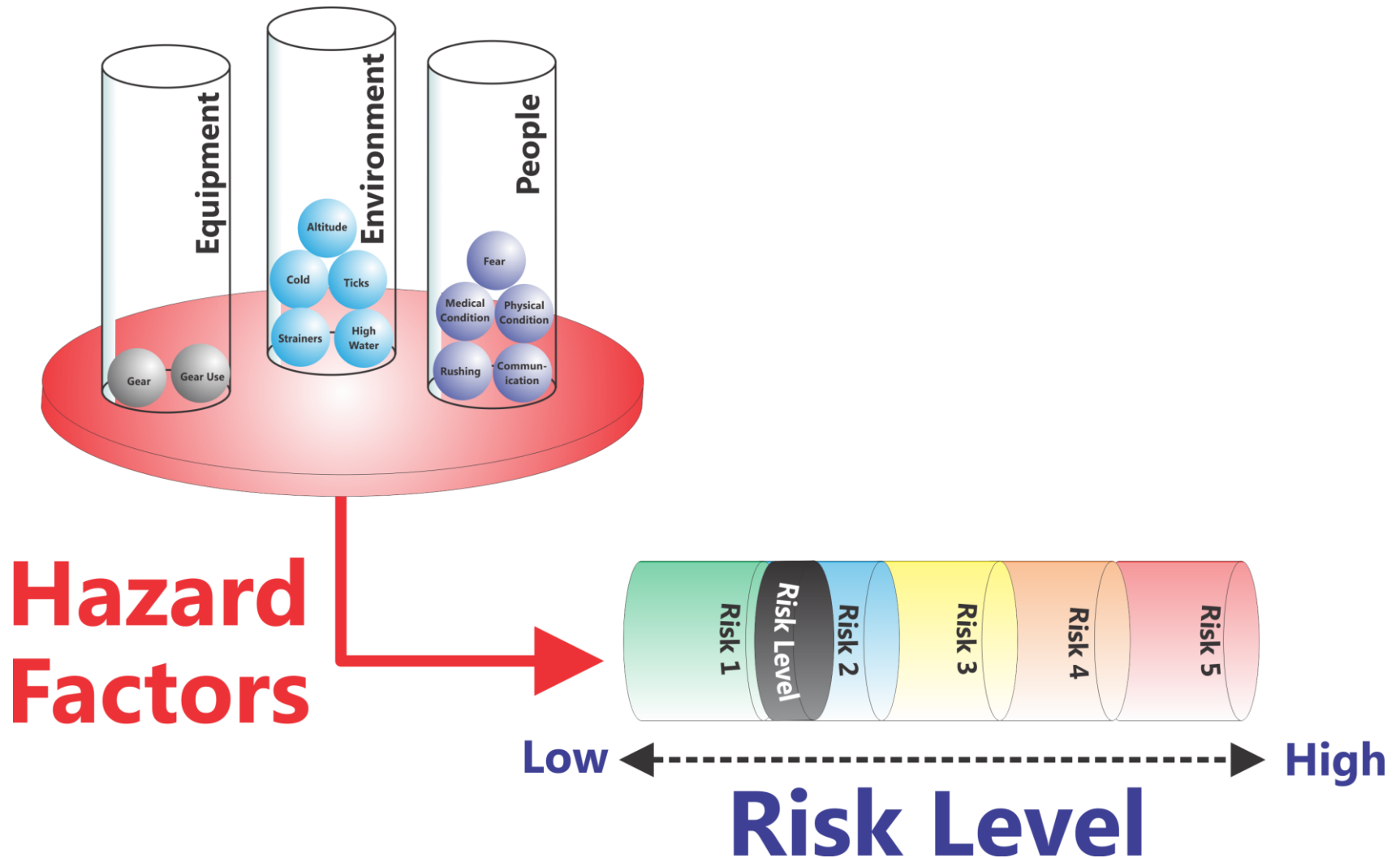
- Source-Pathway-Receptor-Consequence
의 개념을 조사
 - 적용 사례 등을 문헌검색을 통해 조사
 - deadline : 29.9



Natural Risk Component

- *Hazard (Potential)*
 - Environmental factors
 - Triggering events
- *Exposure*
 - Population
 - Physical (building/infrastructure)
 - Services/Functions
- *Vulnerability*
 - Severity
 - Receptors (Category, Resilience, Preparation)
 - *Adaption* (social vulnerability)
- *Risk*
 - Integrate all above with probability concepts

Natural Risk Component



Hazard Categories

- ***Natural hazards***

- *hurricane, earthquake, landslide, flood, drought, tornado, frozen, heat.....*

- ***Technological hazards***

- Industrial, chemical/poison, fire, food, cyber information

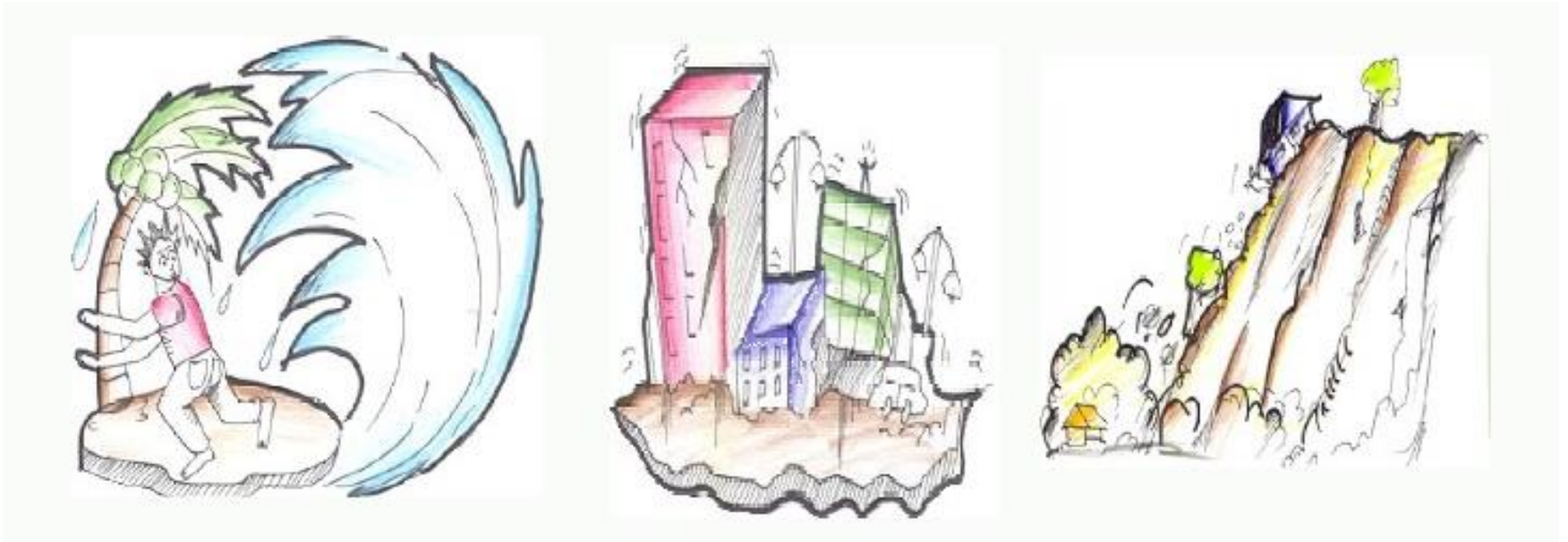
- ***Societal hazards***

- War, epidemic, violence, terrorism, arson

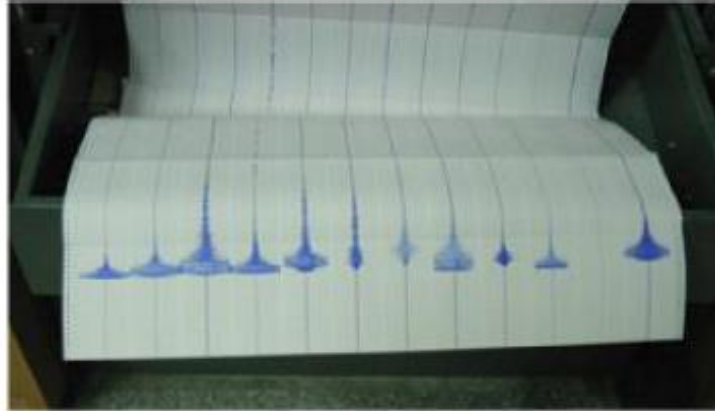


Hazard Potential

***Hazard** is the inherent properties of a substance, object or activity with a potential for adverse, or harmful, effects to occur.*



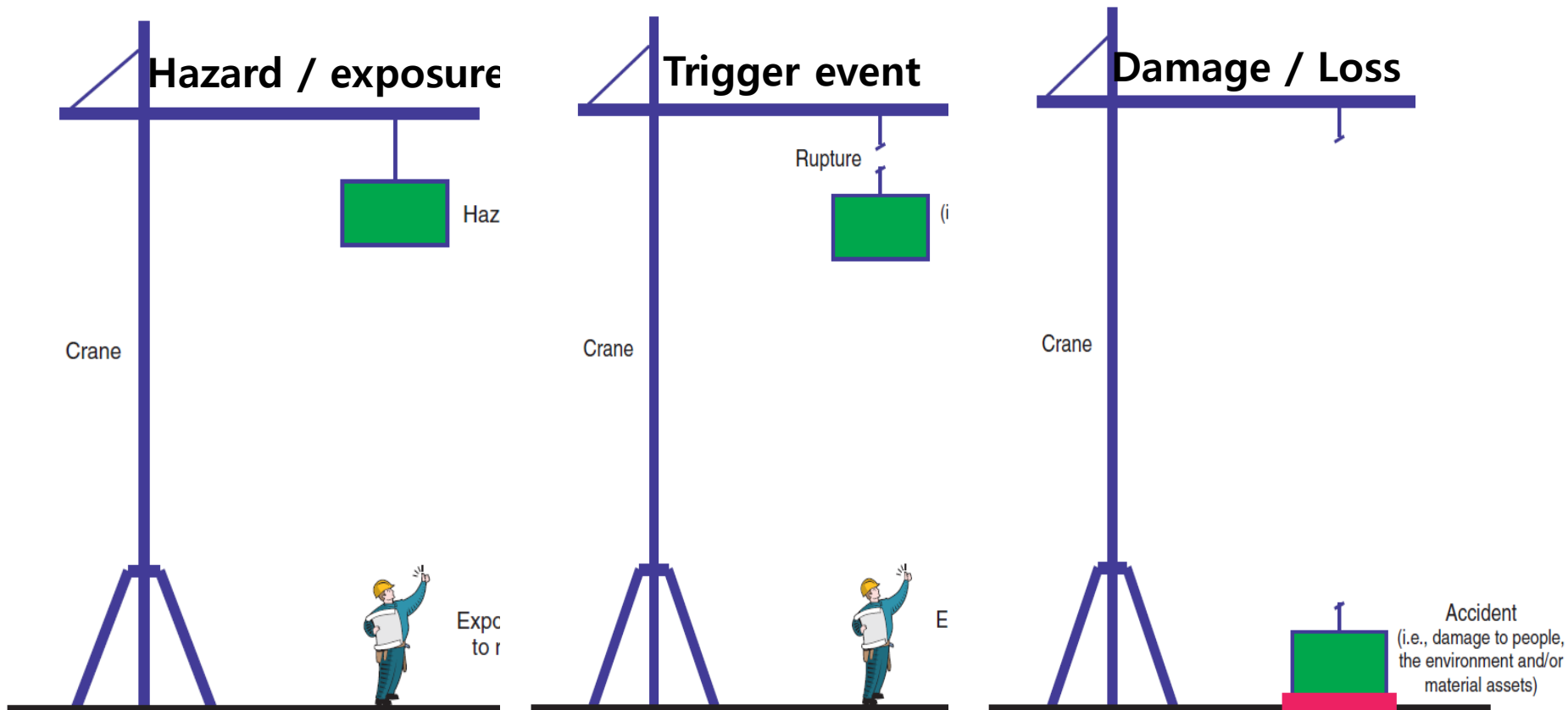
Environment/ Triggering



Filing cabinet drawer left open
Health and Safety Hazard

Someone could trip and
cause injury to
themselves

Hazard vs Damage/Loss



Exposure

- Exposure is a quantitative measurement of the extent to which a given hazard is present.*



Hazard

+



No exposure

= No risk



Hazard + exposure =
Risk

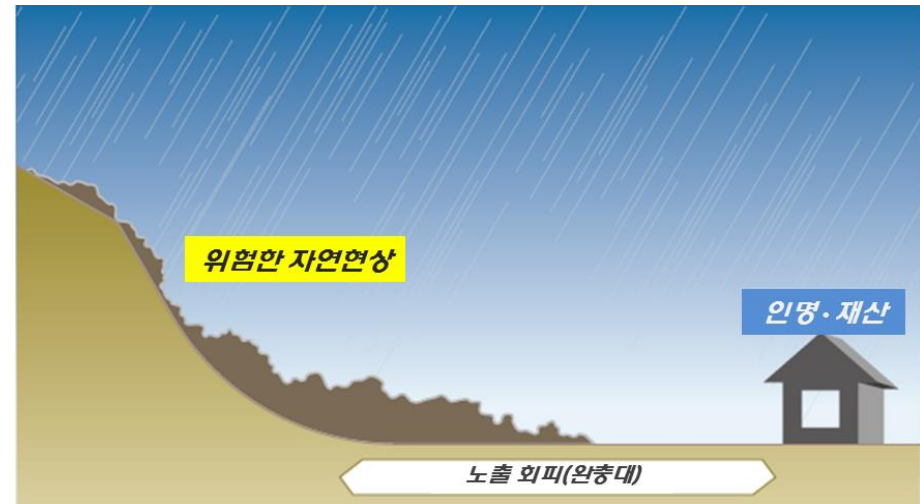
Exposure



RISK = HAZARD x EXPOSURE

저감

✓ 노출 회피

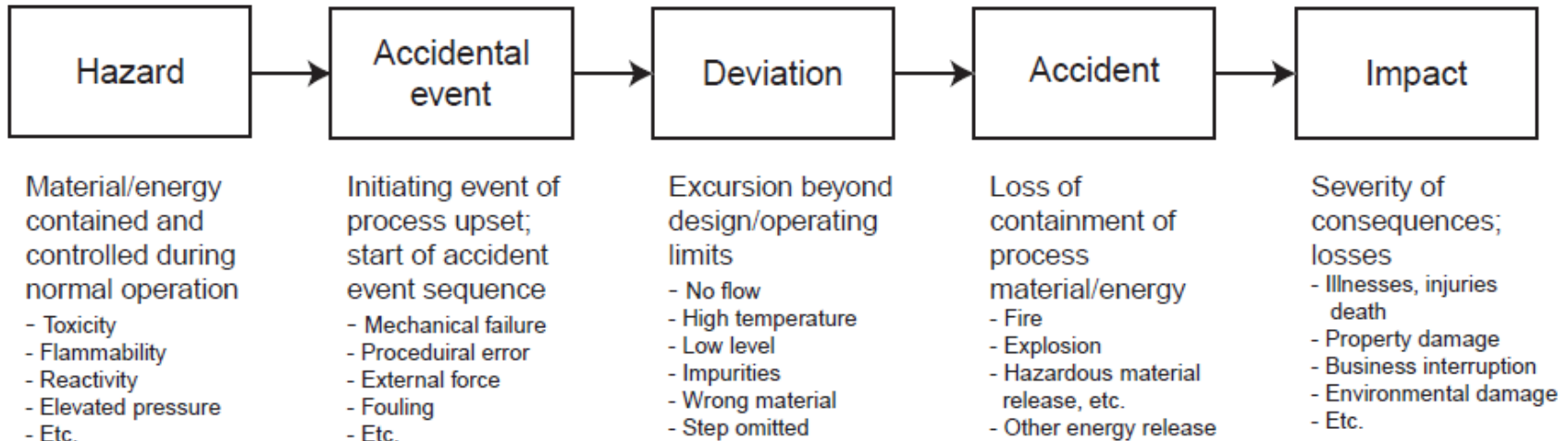


✓ 취약성 저감



(생태계를 활용한 방재·감재(減災)에 관한 방안,
일본 환경성 자연환경국, 2016)

Anatomy of Risk



Vulnerability

- *Vulnerability is the relationship between event **scales** and **impact consequences***



Terminology

Disaster Language

Risk	likelihood of harm, loss, disaster
-------------	------------------------------------

Hazard	physical impact of disturbance
---------------	--------------------------------

Exposure	elements affected by hazard
-----------------	-----------------------------

Vulnerability	capacity of community to prepare, absorb, recover from hazard
----------------------	---------------------------------------------------------------

Risk = Hazard x Exposure x Vulnerability

Resilience

- *The capacity to recover after impacts*
- • *Socio-economic factors*
 - *Financial status, Social support, Insurance*
 - *Resources accessibility (Finance, physical/non-physical)*
 - *Social capitals (Profession, education, prestige)*
 - *Social network*
 - *Ability for self-Safety*
- *Elderly, Handicapped, homeless, single parents*



Homework #2

- Resilience의 개념을 조사
 - 적용 사례 등을 문헌검색을 통해 조사
 - deadline : 29.9

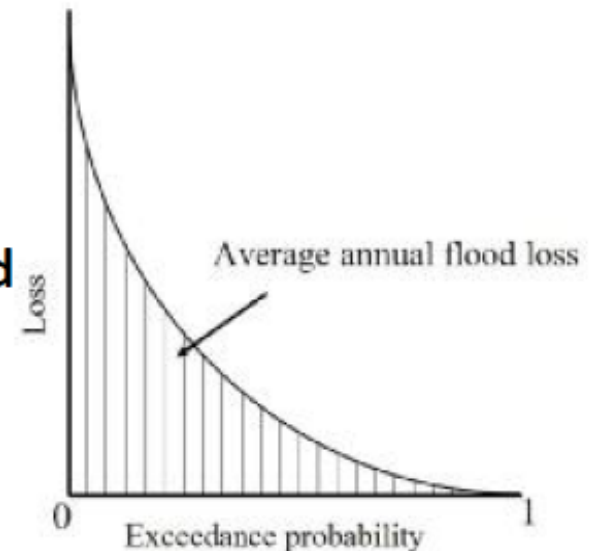


Natural Hazard Risk

- **Damage = Severity * Exposure * Vulnerability**
(for single event)

- **Risk = EAD = $\int x \times f(x)$**
 - X : Loss from a specific event
 - f(x): probability density of x to occur

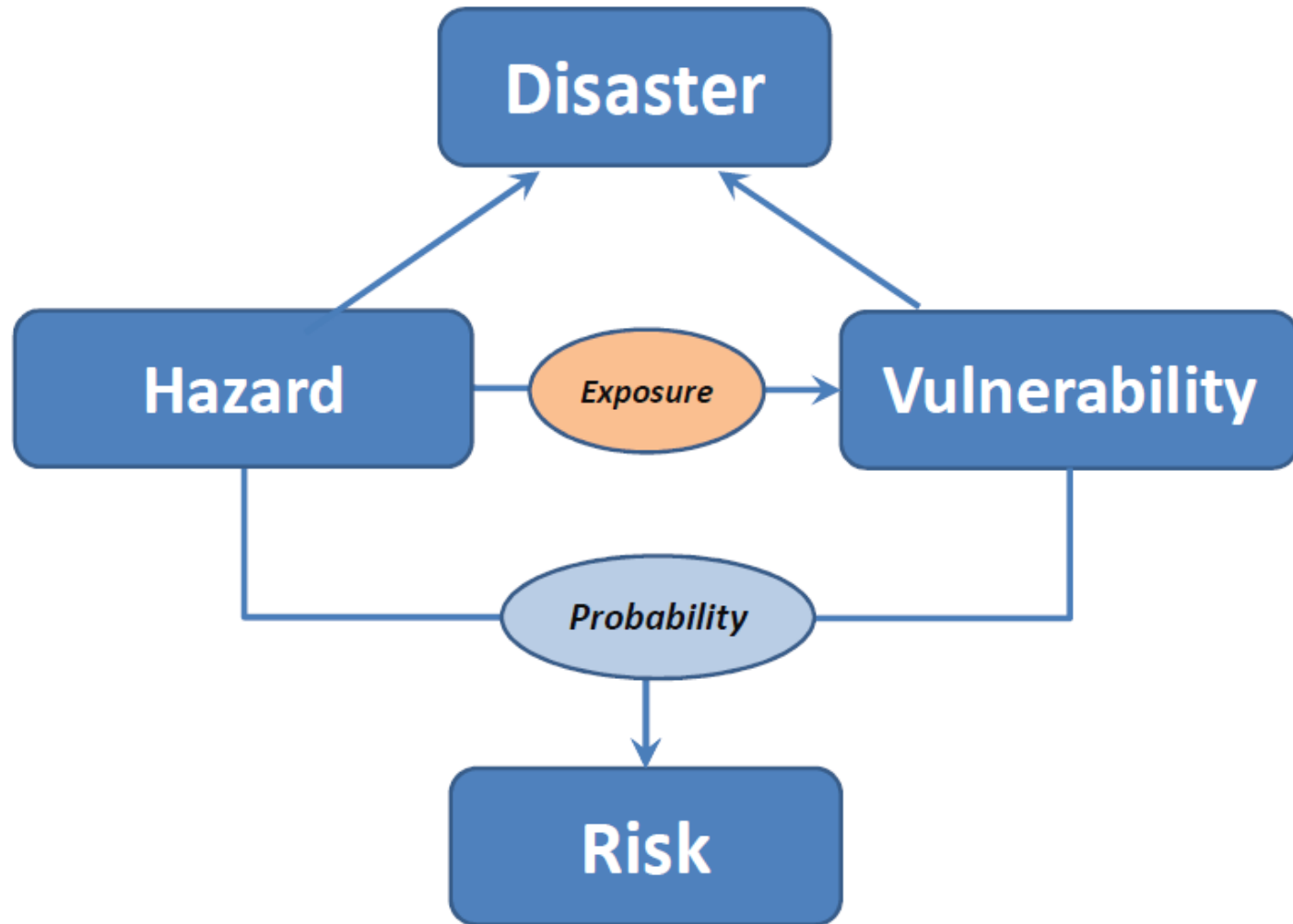
- **Expected loss with some specific period**
 - *Expected Annual Damage (EAD)*



Risk = Expected Loss

- May be misleading for extreme event
 - **Low occurrence probability**
 - The meaning of “**Annual expected loss 100b**”
 - ① 100 b for every year
 - ② 1000 b for the next ten years
 - ③ 10000 b for the next 100 years

Risk = Expected Loss



Risk Handling Approaches

- Avoidance
- Reduction
- Transferring
- Retention



Reduction

–Avoidance

- No development on flood-prone regions

–Prevention

- Reduce the hazards
- Preparedness
- Monitoring/Warning

–Protection

- Dike/Pumping
- Flood gate

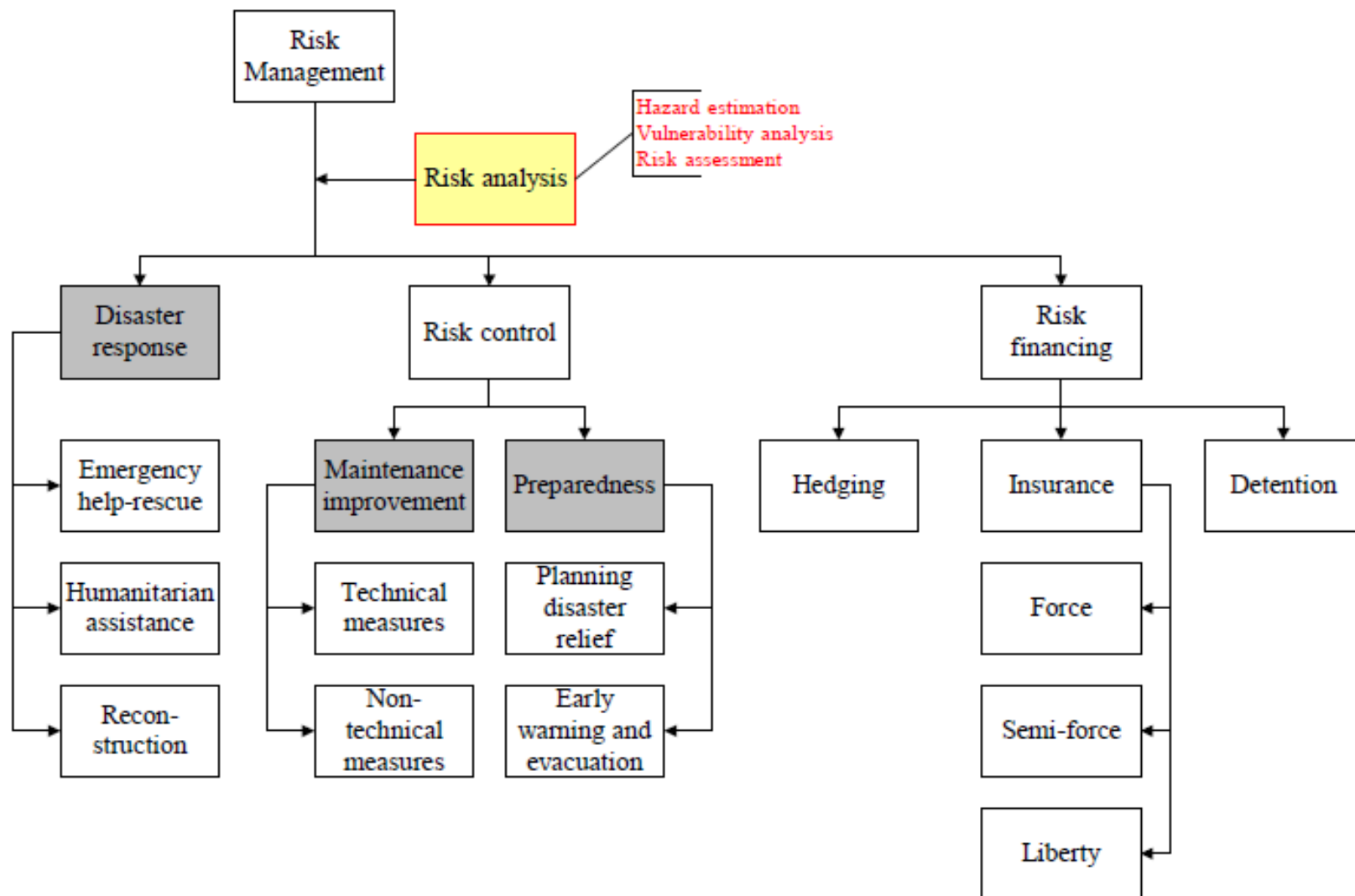
Risk



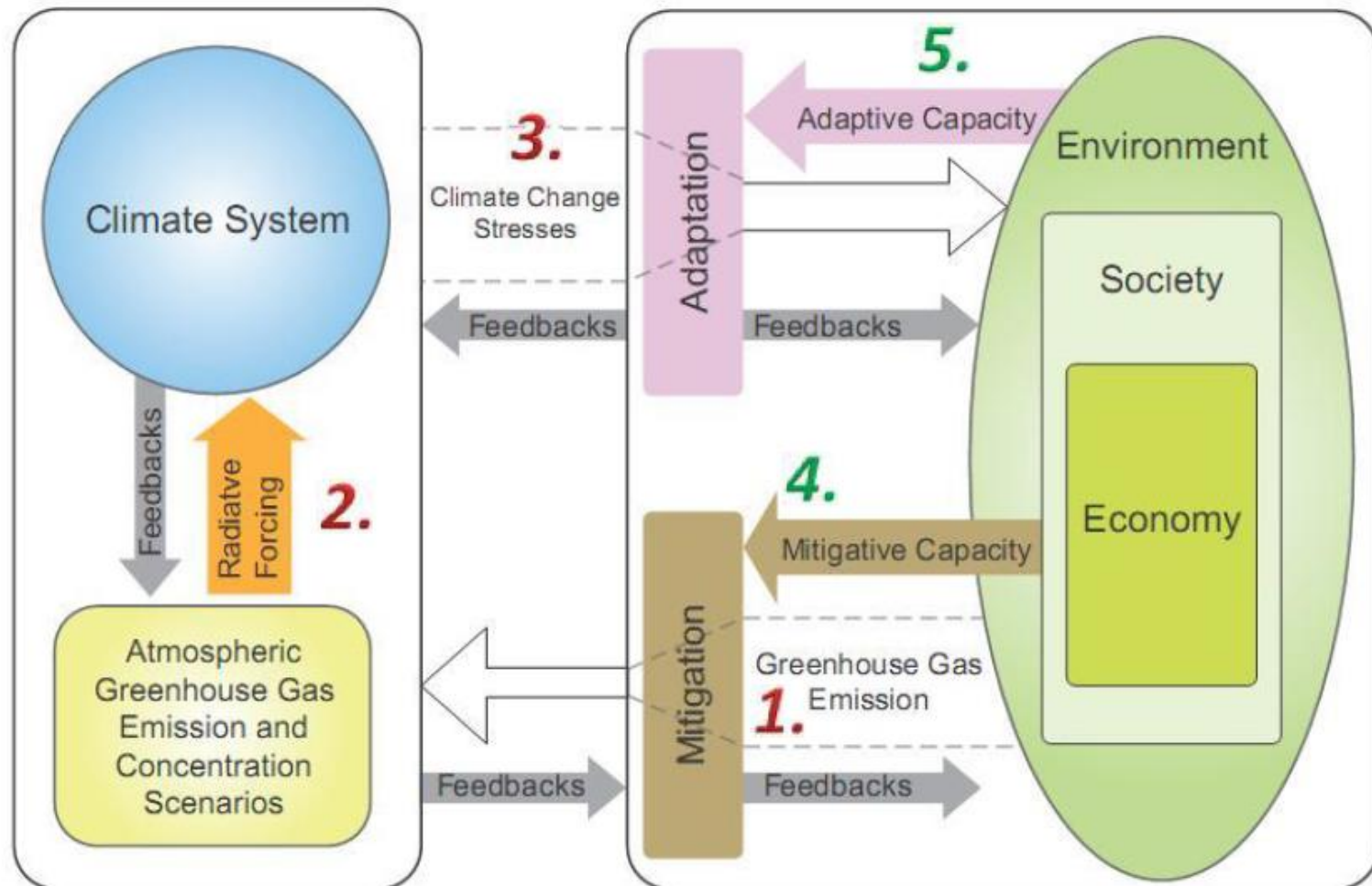
Retention

Deductible

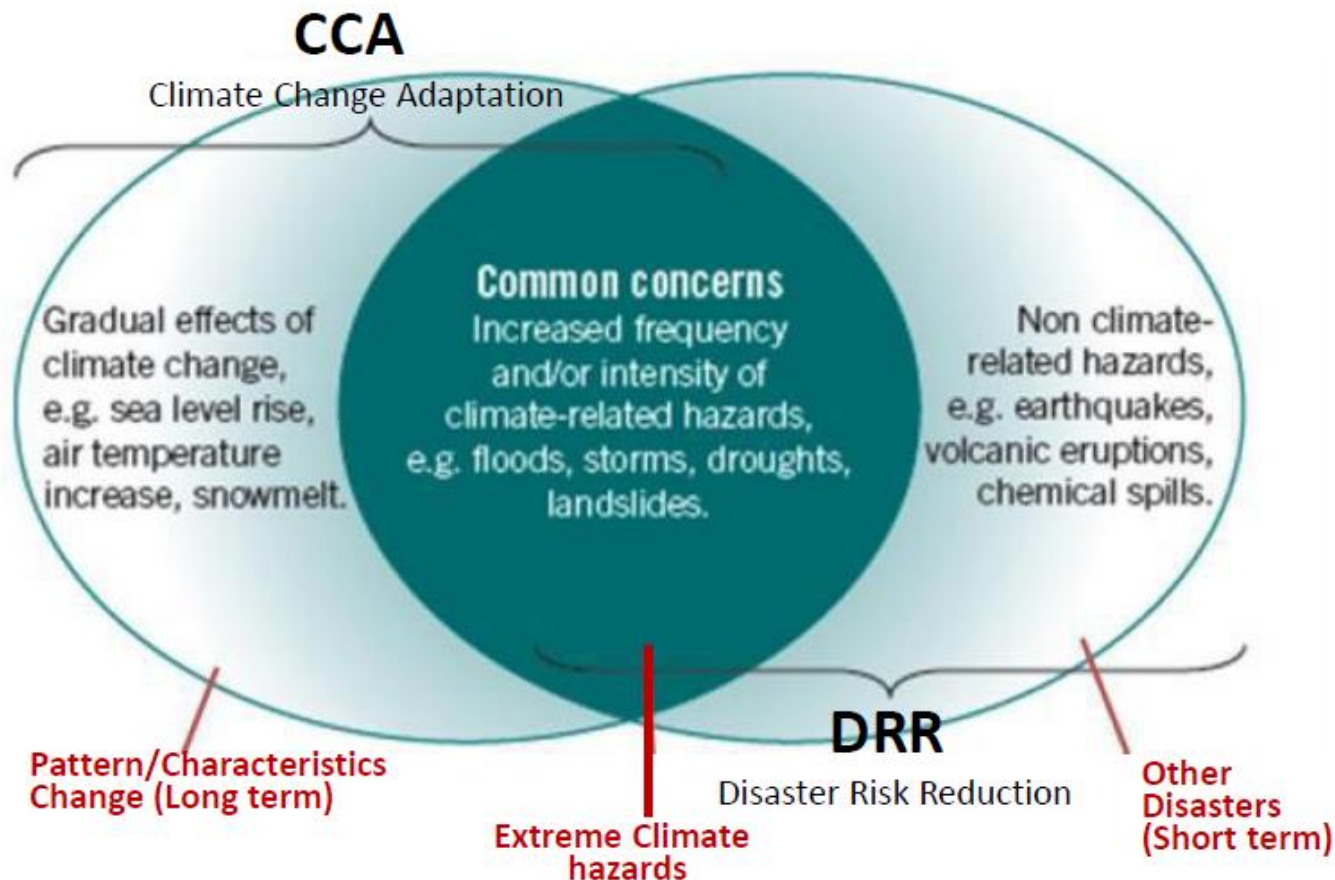
- –Captive insurance
- –Self insurance
- –Self assumption
- With reserves or funding
- Without reserves/funding



Climate Change & Disaster



Climate Change & Disaster



Climate Change & Disaster

온실효과가스의 농도가 높아져 열흡수가 증가한 결과, 기온이 상승.

빙하나 남극 등의 얼음용해

해수의 열팽창

증발산량의 증가

태풍의 강도증가

강수량의 변화

호우나 갈수의
발생빈도가 증가

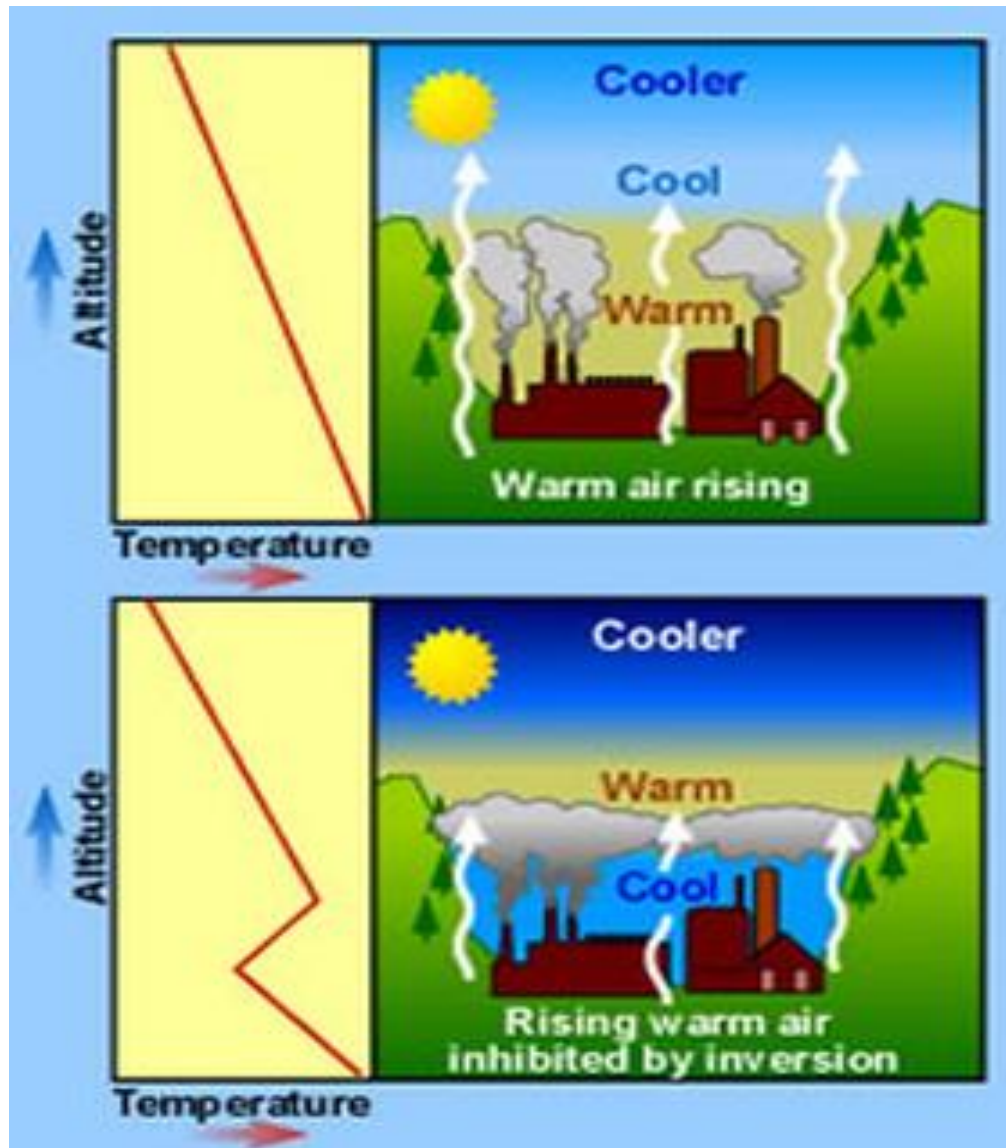
홍수 피크 유량의 증가

해수면상승 및 해안침식

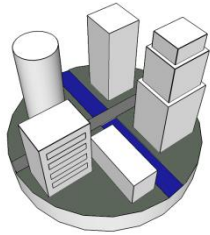
홍수피해의 증대

토사재해의 심화

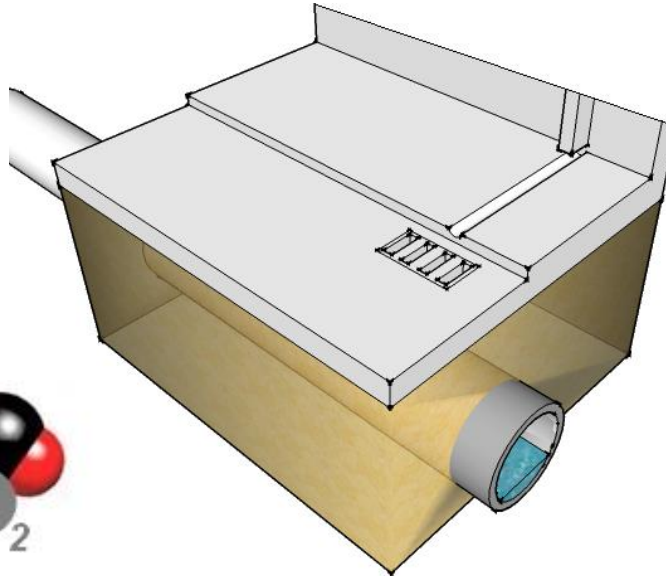




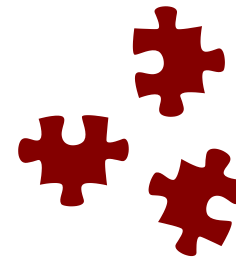
Increased urbanisation



Changing weather
patterns due to
climate change



Inadequately designed
and maintained
infrastructure



Fragmented management
structures

Percentage of
Annual Volume

RAINFALL SPECTRUM

Light Showers

75%

Heavy Rain

20%

Extreme Storms

5%

INTEGRATED STRATEGY

SITE

Keep Rain
on Site

NEIGHBOURHOOD

Delay the
Runoff

WATERSHED

Reduce
Flooding

Water
Balance
Modeling

Conventional
Hydraulic
Modeling

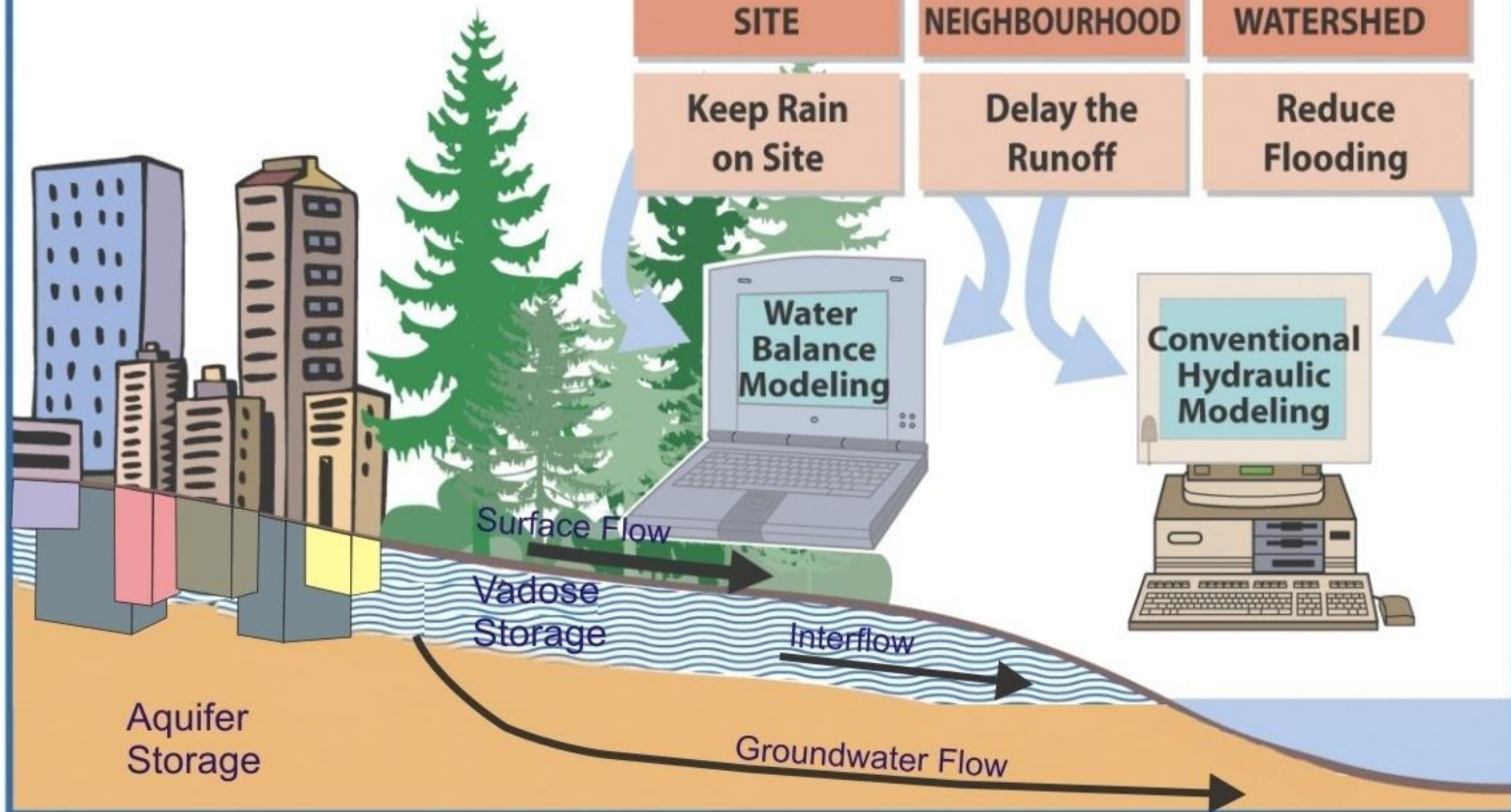
Surface Flow

Vadose
Storage

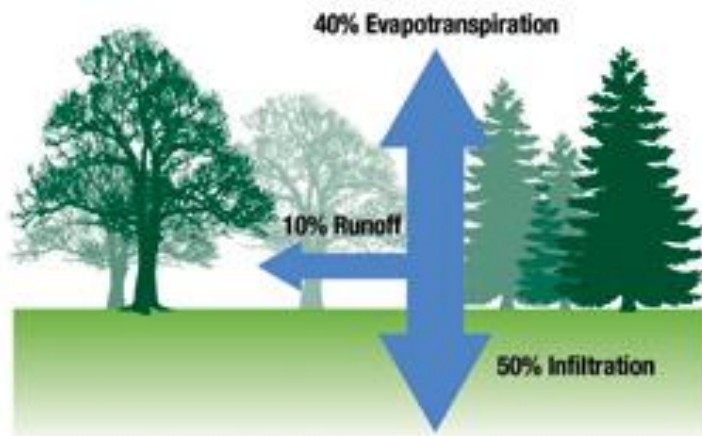
Interflow

Aquifer
Storage

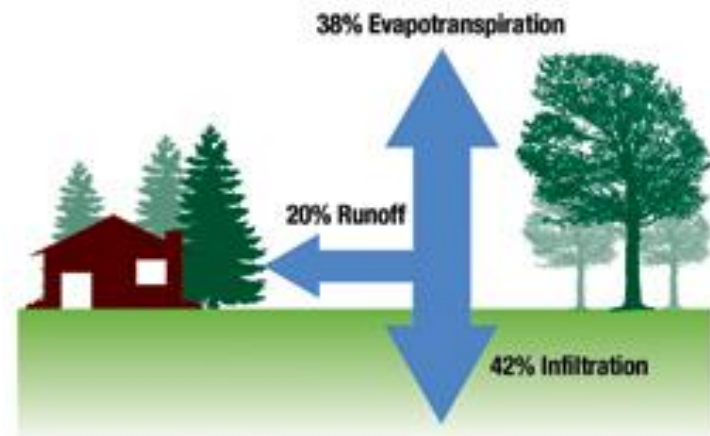
Groundwater Flow



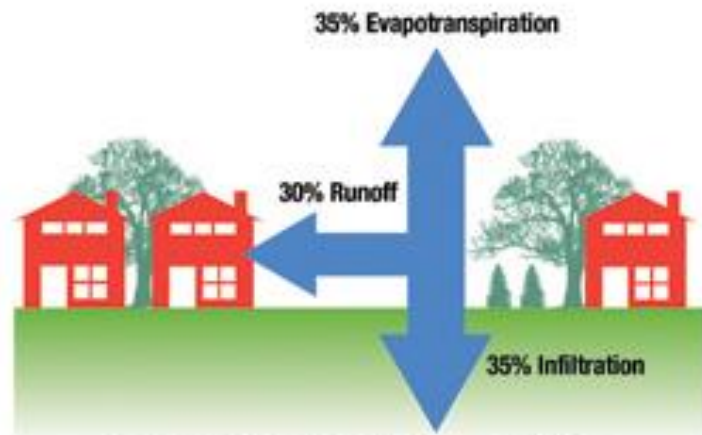
EFFECTS OF IMPERVIOUSNESS ON RUNOFF AND INFILTRATION



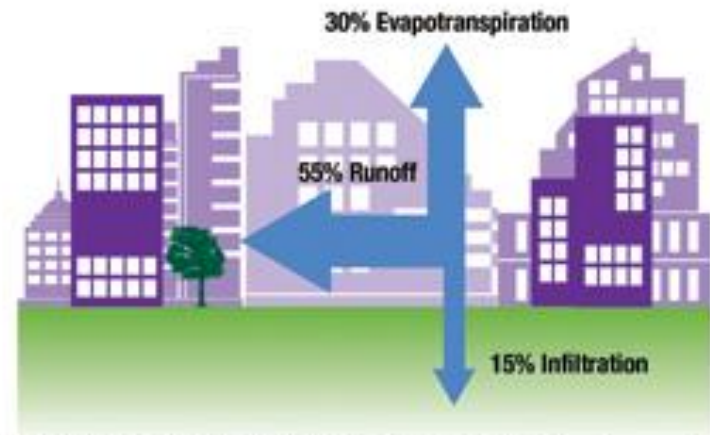
NATURAL GROUND COVER
0% Impervious Surface



LOW DENSITY RESIDENTIAL (e.g. rural)
10-20% Impervious Surface



MEDIUM DENSITY RESIDENTIAL (e.g. subdivision)
30-50% Impervious Surface



HIGH DENSITY RESIDENTIAL/INDUSTRIAL/COMMERCIAL (e.g. town centre)
75-100% Impervious Surface

Identify Impact

- Infrastructure
- Water resources
- Land use
- Coastal zones
- Energy supply & Industry
- Agr. Production & Biodiversity
- Health

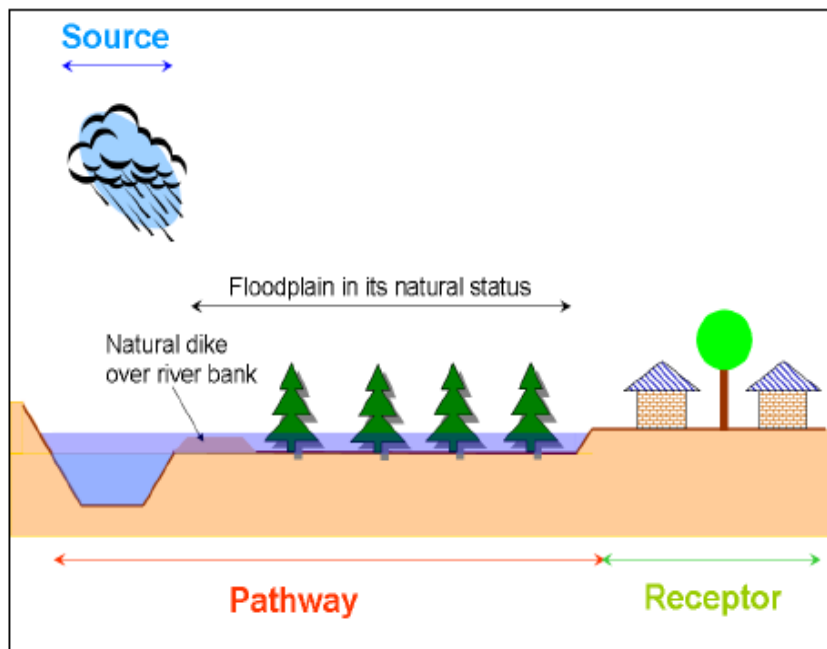


Figure 1 – Source, pathway and receptor in their predevelopment condition.

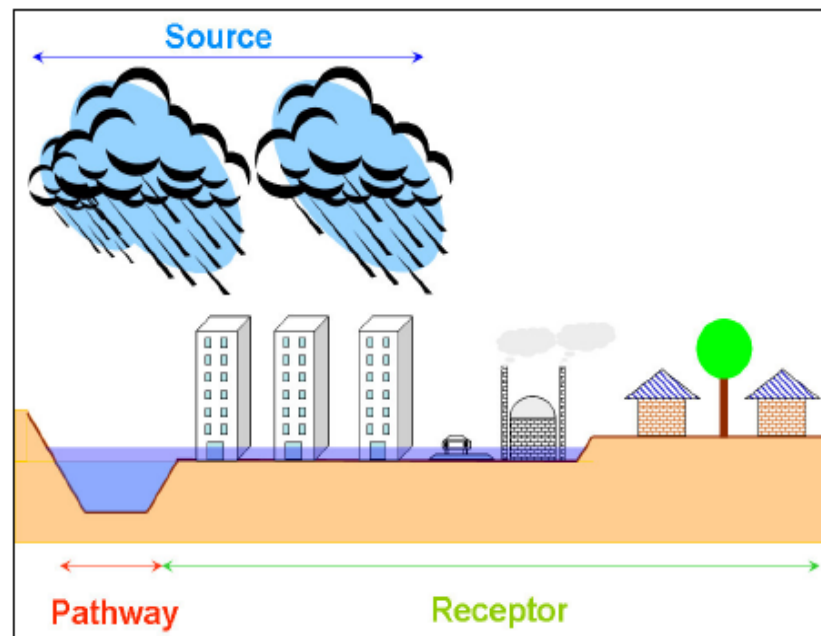


Figure 2 – Change in source, pathway and receptor due to social, economic and environmental changes.

Source

Changing rainfall patterns

- – Increasing flood/drought risks
- **Increasing typhoon Numbers/Strength**
- – Impact the contingency and recovery capacity of disaster prevention systems

Infrastructure

- **Transportation**
 - Highway, bridge
- **Protection:**
 - Dikes, pumping plant
- **Lifeline & Critical infrastructure**
 - Power and water
 - Communication
 - Energy

Water Resources

- **Changing hydrological patterns**
 - – Intensity
 - – Temporal
- **More demands** (agr/domestic)
- **Deteriorating water quality in streams**

Land use

- **Extreme climate**
 - Increase sensitivity/vulnerability of the ecosystem
 - Damaging land resource use safety

Coastal zon

- Damaging protecting structures
- Erosions in costal areas
- Impact on natural attractions and resources

Energy supply & industry

- **Demand/Supply balances**
 - Demand patterns change
 - Increasing energy cost
 - Damaging the economy

Arg.production & bio-diversity

Rain/temperature changes

- Quantity/Quality impacts
- Food security
- **Loss in Biodiversity**
- Changing habitat /ecosystems

Health

More serious infectious disease epidemic

- – Rising temperature
- • **Increasing mortality** in respiratory and
- cardiovascular diseases
- • **Burdening the public health system**

Climate change Scenario

- **Scenario**
 - Plausible combinations representing possible future situations
 - Used to assess the consequences of possible future conditions

Climate change Scenario

Analogue climate change scenarios

- scenarios based on past climate
- **Scenarios based on climate model output**
- **Arbitrary climate change scenarios**
 - devised arbitrarily based on expert judgement 70
 -

Flood as example



115000 properties assessed

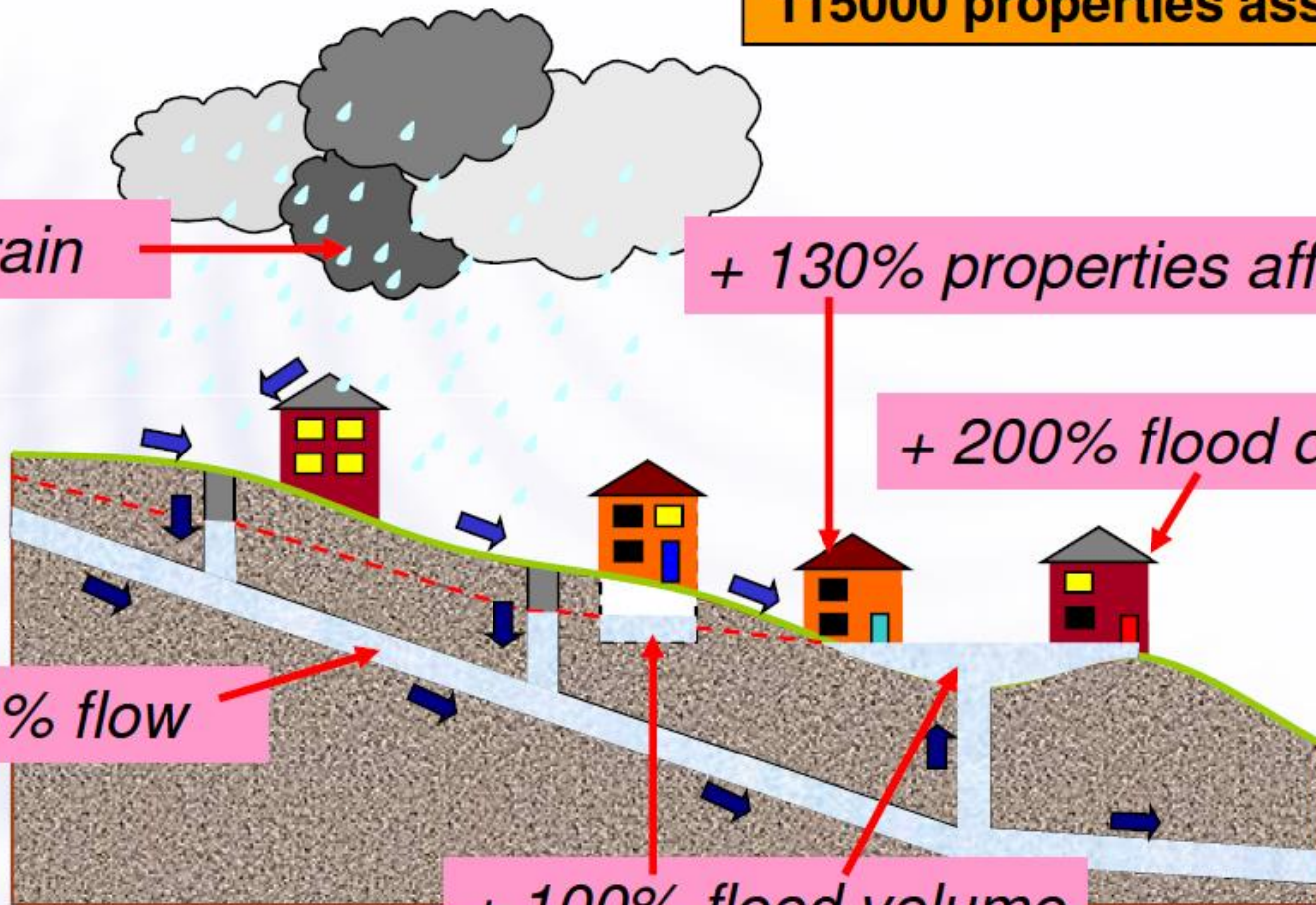
+ 40% rain

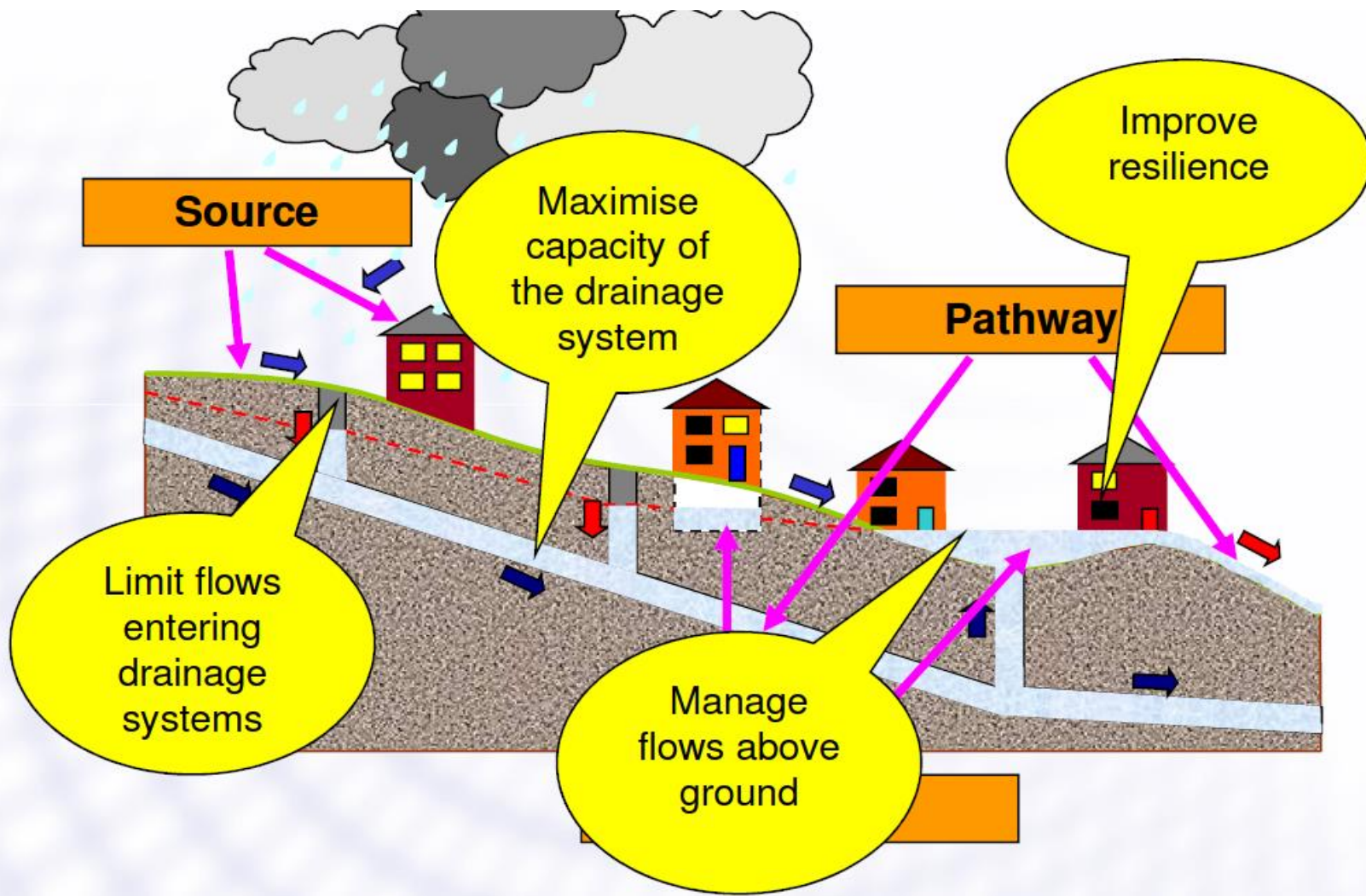
+ 130% properties affected

+ 200% flood damage

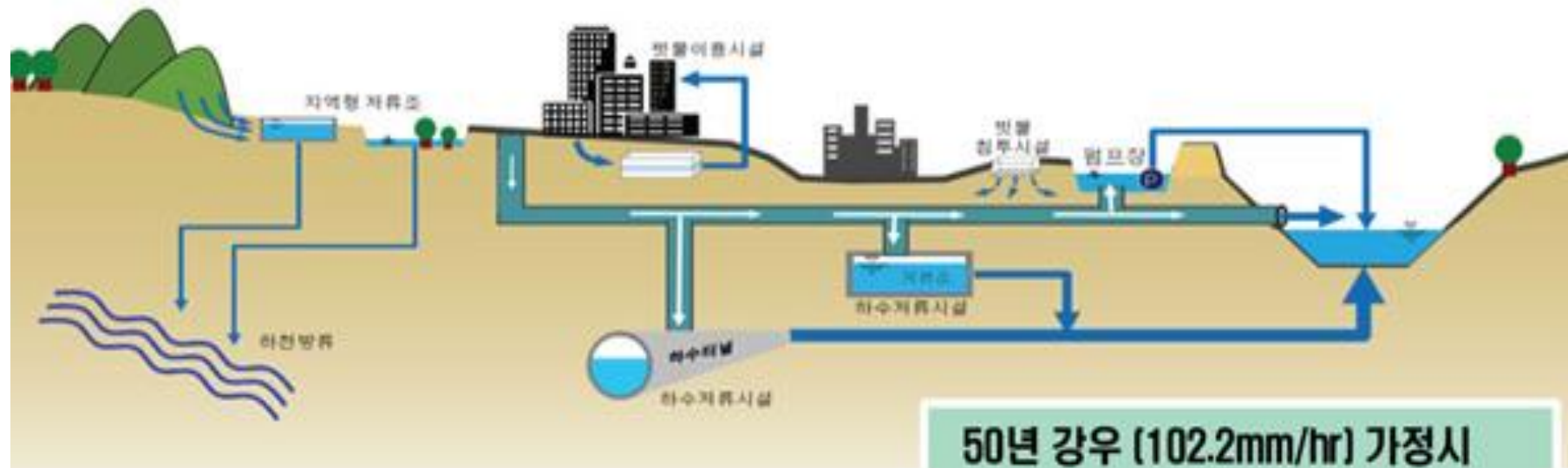
+ 40% flow

+ 100% flood volume





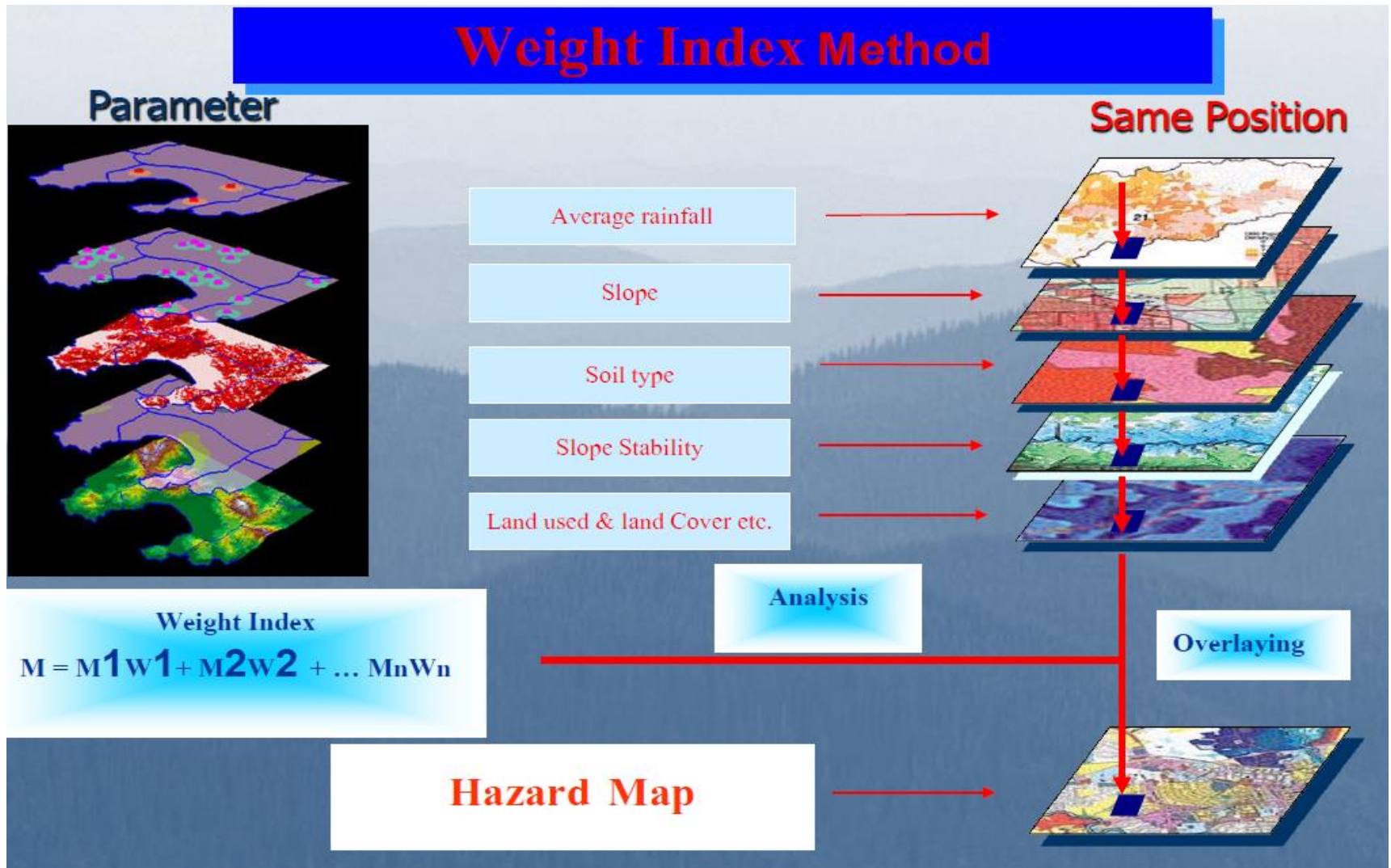
< 예시 : 00시 Simulation 사례 (하수관거 부담률 66.8%) >



Flood Risk

- Disaster: Flood
- Hazard: Rain / Inundation
- Vulnerability: Loss vs. Depth
- Exposure: People / Building / Infrastructure/
- Probability: occurrence likelihood of the event
- Risk: $(\text{Hazard}) * (\text{Exposure}) * (\text{Vulnerability})$
- Unit: \$
- A single event? or for a specific area and period?
- Summation of $(H * E * V * Pr.)$ for all probable event.

GIS analysis & laying Tech



Homework #3

- Hazard Map
- Exposure Map
- Vulnerability
- 홍수위험성을 위의 3가지요소로 표현하시오
- Deadline : 17.11



Mud & Debris Flow

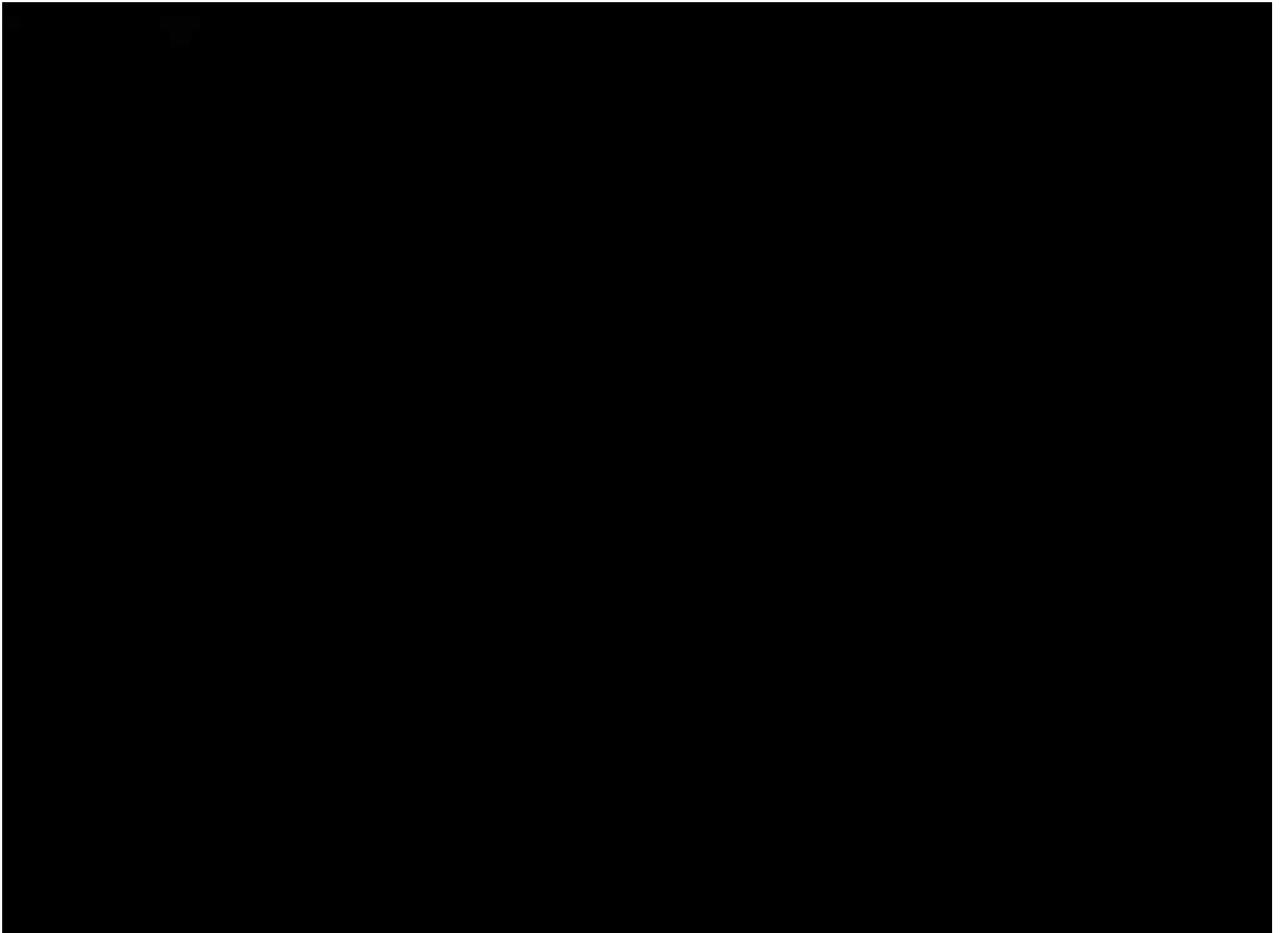
- Hazard Map
 - Exposure Map
 - Vulnerability
-
- Risk을 위의 3가지요소로 표현하시오

Earthquake

- Hazard Map
 - Exposure Map
 - Vulnerability
-
- Risk을 위의 3가지요소로 표현하시오

FLOOD and Mud & Debris flow Hazard mapping and Implementation

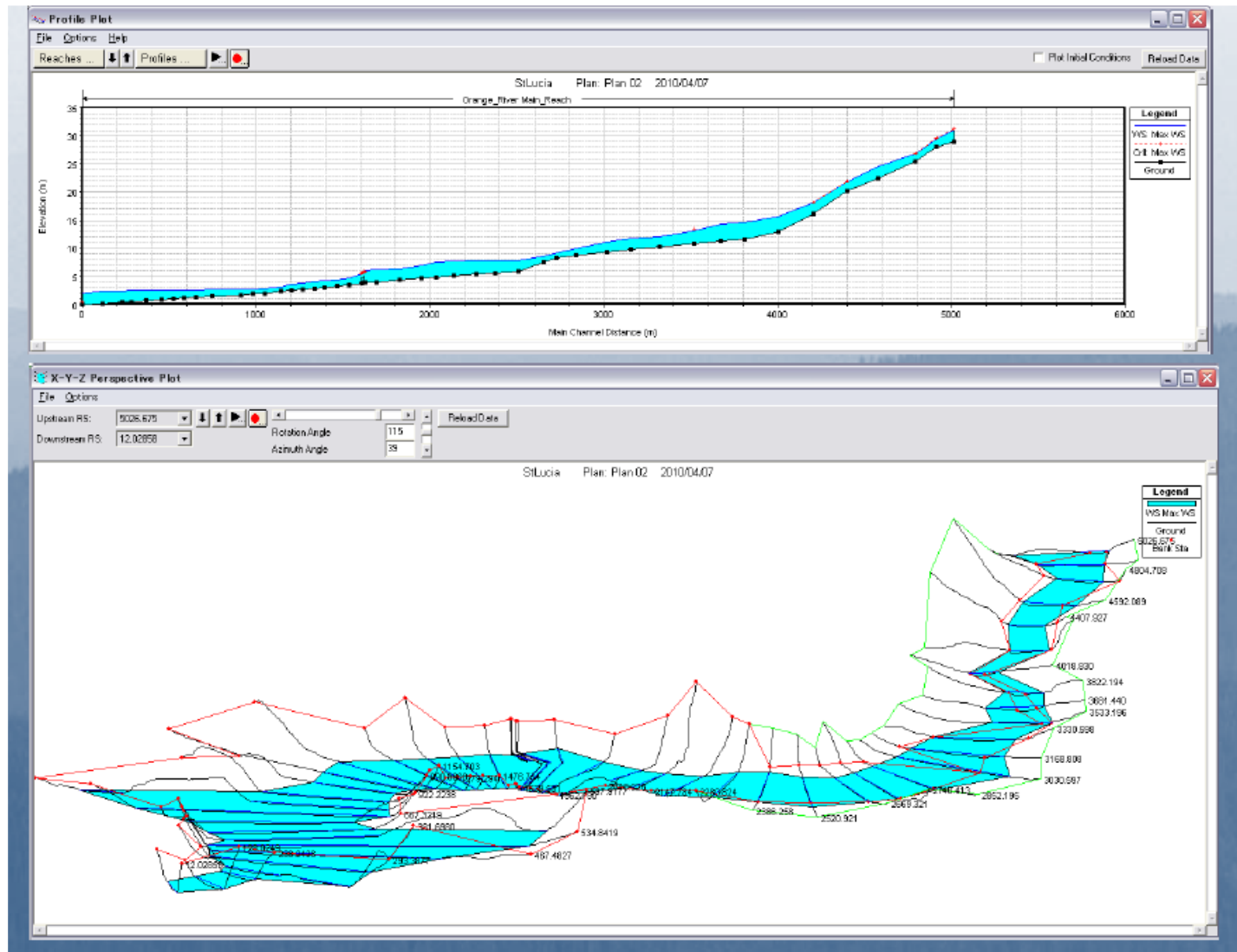
Debris flow simulation



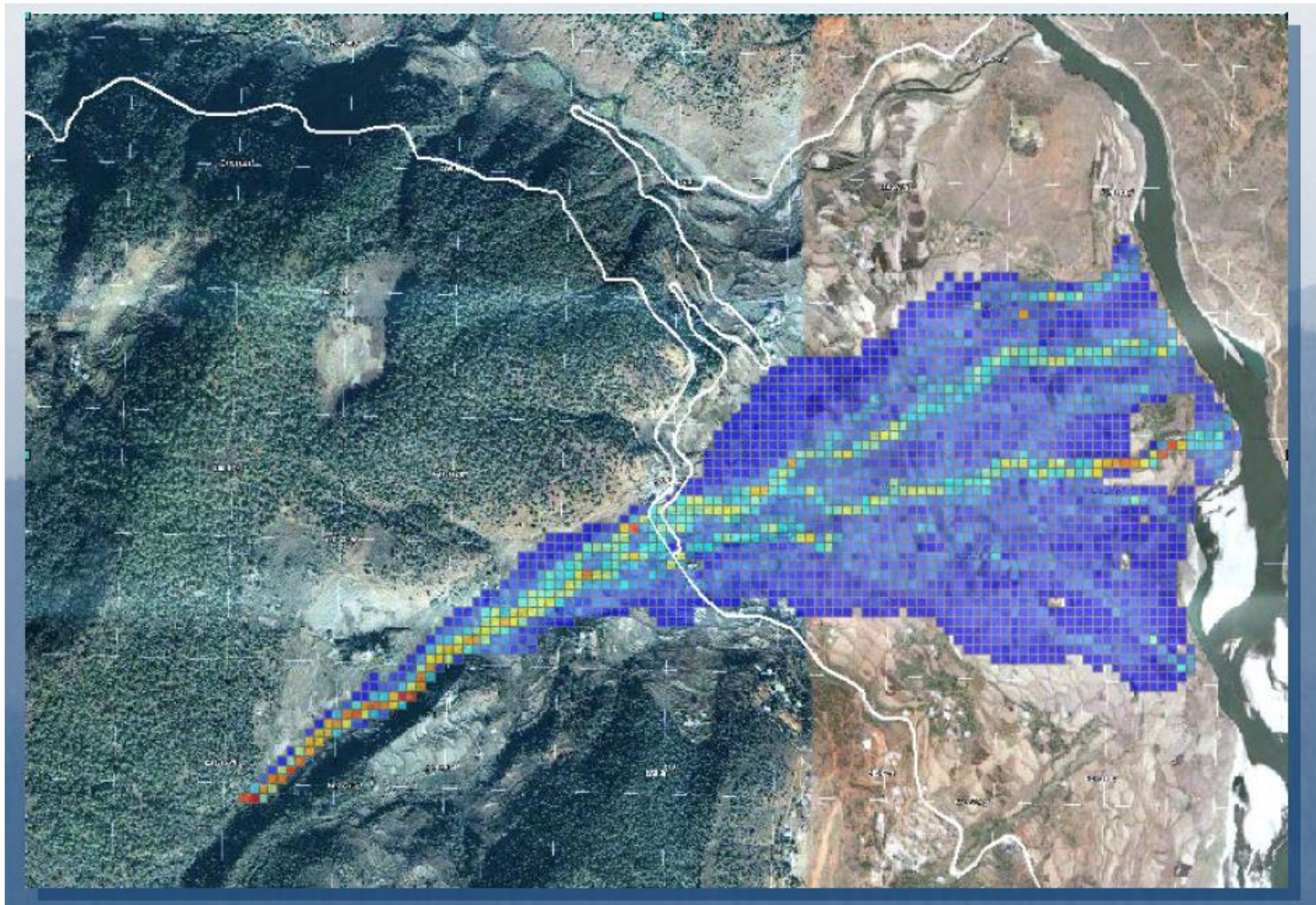
General Factor of Flood Hazard Map Analysis

- Hydrology (Rainfall, Surface & Direct runoff, Evaporation, Inspiration, Infiltration, etc.)
- Geology (Soil & Rock Type and Depth)
- Geography (Watershed area, Slope, Aspect, Land used, Land cover, etc.)
- Infrastructure (Road ,River,etc.)

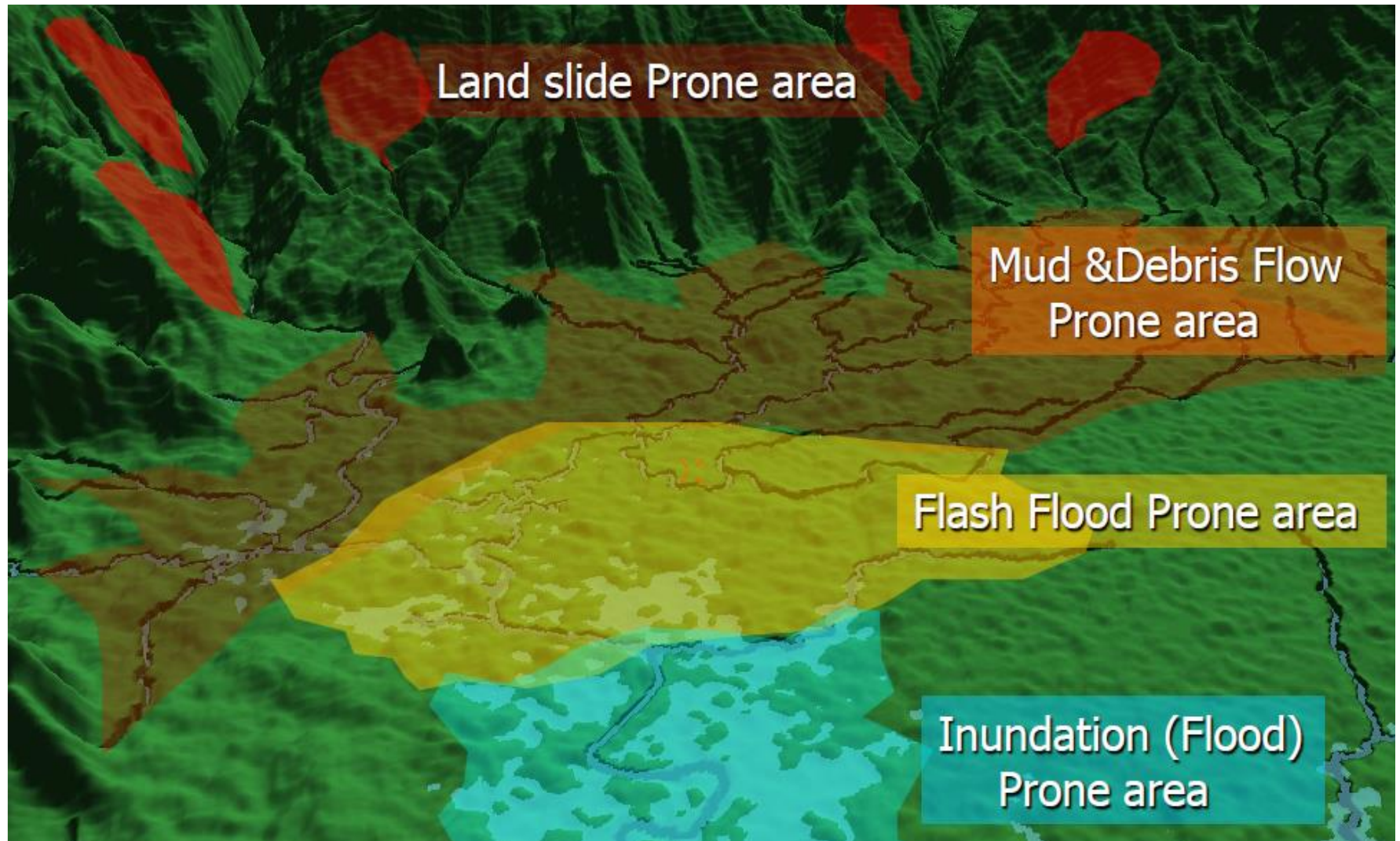
Flood simulation 1-D



Flood simulation 2-D



Hydrologic hazard prone area



Conceptual Idea of Mud & Debris Flow Analysis

