



독일의 화학사고 대응전략 소개

(독일 화학사고 대응사례 및 체제를 중심으로)



연세대학교

Ph.D. 은 종 화

(eunjeon0626@hanmail.net)

☎ 010-7107-6026

- 국민 안전처 재난안전 자문위원
- 중앙 매뉴얼 협의회 심의위원
- 정부 합동 조사단 조사위원
- 안전 한국훈련 중앙 평가위원
- 정부 재난관리 평가 중앙위원
- 환경부 화학사고 자문위원
- 해양안전본부 HNS 방재위원
- 한국위험물/ 재난정보 학회이사

순서



화학사고 대응사례



화학사고 대응체제



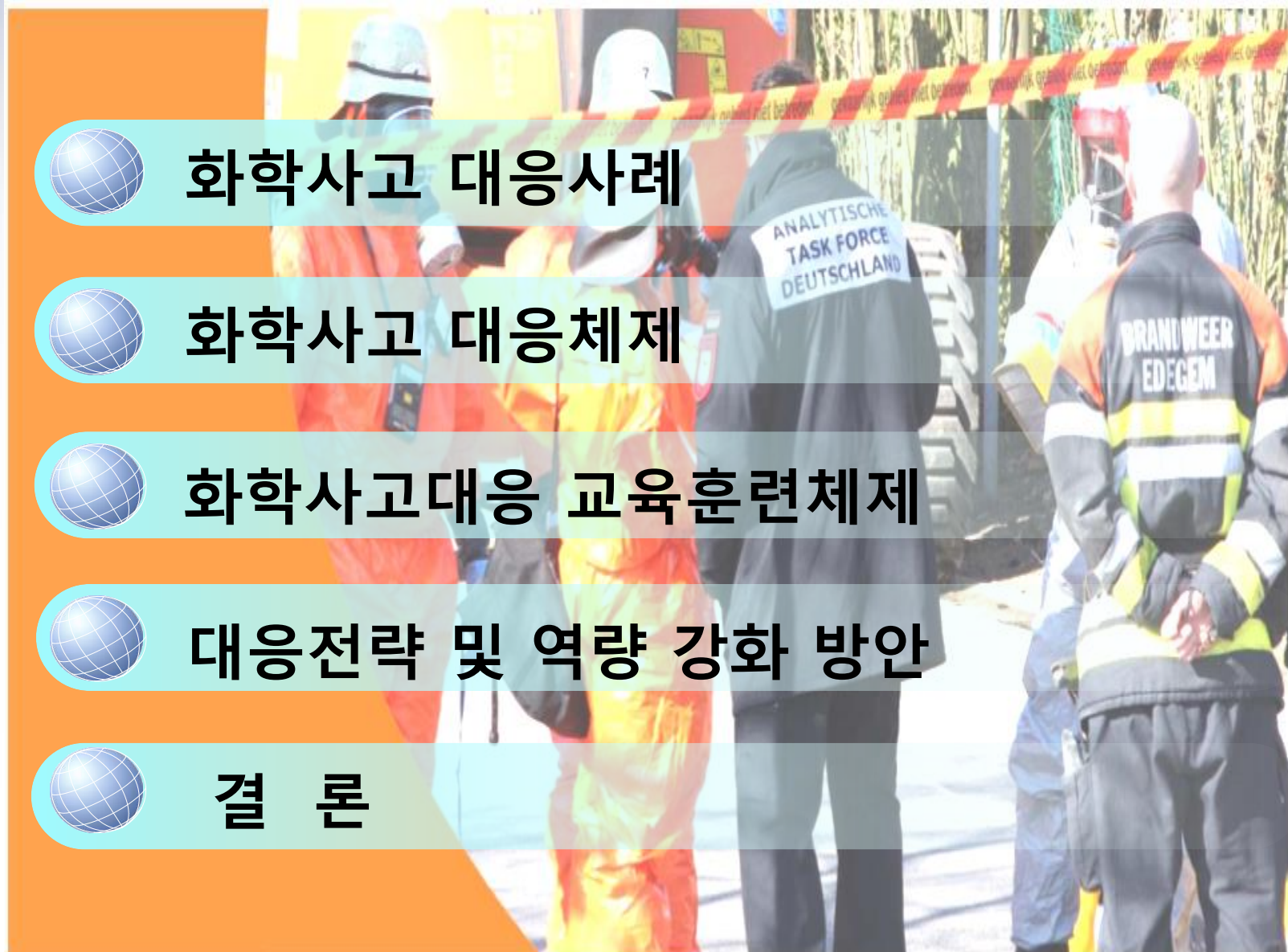
화학사고대응 교육훈련체제



대응전략 및 역량 강화 방안



결론



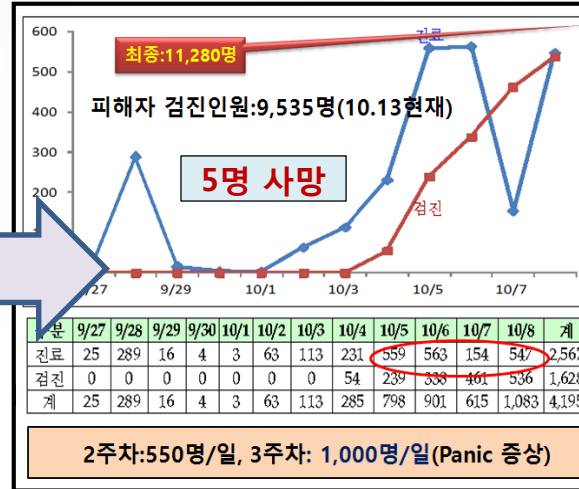
1. 화학사고대응 사례 소개

● 배경 (화학사고 대응 성공/ 실패 사례 비교)

구미 불산 사고(휴브 글로벌. 2012.9.27)



불산:8톤



● 구미 불산 사고 교훈 (환경부2013.9.23)

➢ 사고 연결 고리 차단 실패

- 편의성만 고려한 설비
- 안전수칙 미 준수
- 콘트롤 타워 부재
- 초기 대응자 미숙
- 위험시설에 주거지역인접
- 주민대피체제 혼선
- 부족한 보호 장구

독일 하노버 사고(크라프트. 2012.10.15)



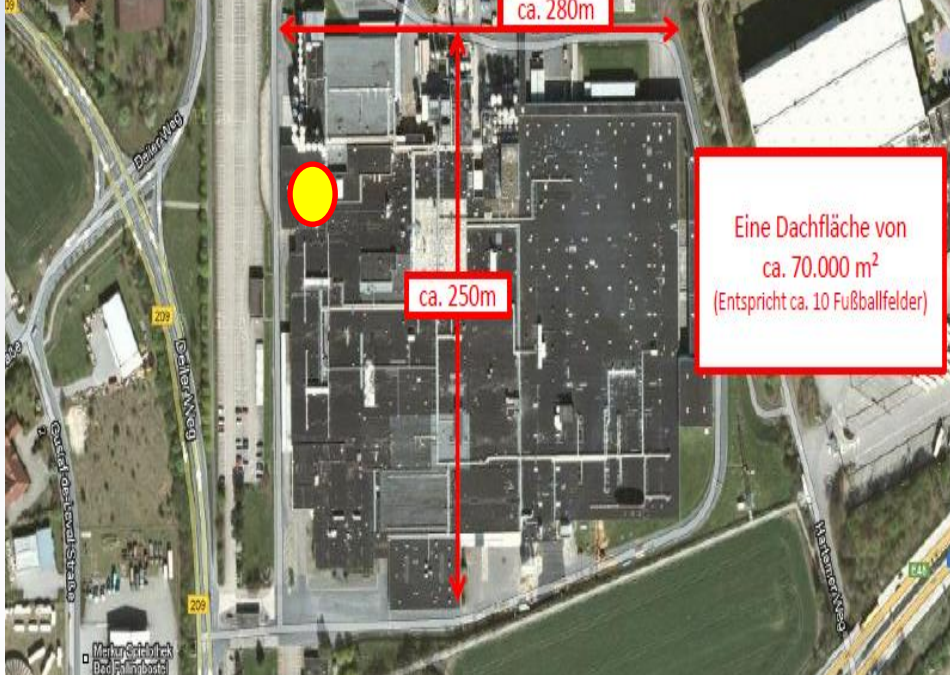
질산암모늄:4톤

사망 없음
(1,800명 주민대피 시행)

독일의 화학사고대응의 성공요인은 무엇일까?

1. 화학사고대응 사례 소개

● 하노버 화학사고(1): 개요



사고현장

하노버
바트 팔랑 보스텔 지역
미국계 식품회사
(KRAFT 사)

사고진행경과

- 발생: 2012.10.15.13:00
- 보고: 13:10(10분)
 - 직원 대피: 250명
- 적색경보: 15:35(2시간35분)
 - 주민 대피(1): 800명
 - 주민 대피(2): 1,000명
- 해제: 2012.10.16.12:30
(24시간)
- 인명피해발생 없음



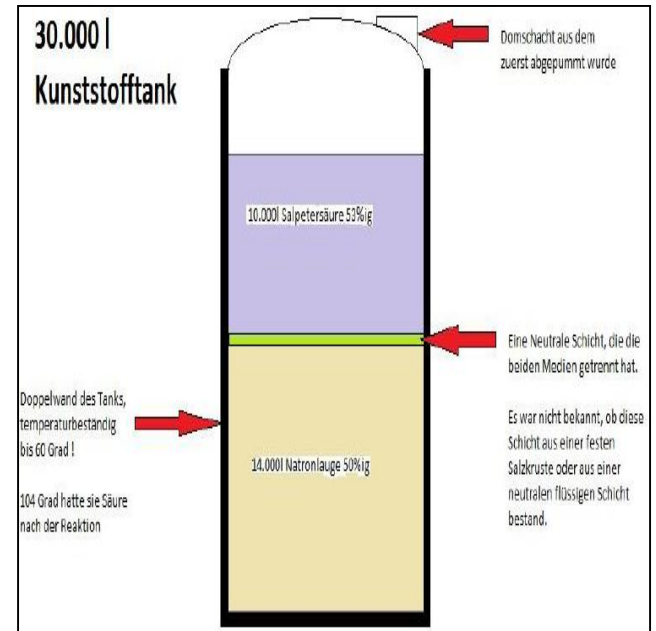
1. 화학사고대응 사례 소개

● 하노버 화학사고(2): 개요



사고원인

- NaOH Tank에 질산을 실수로 투입하여 유독가스 누출
- 저장탱크: 폭발위험
- 온도 급상승: 107°C
- NO2가스 누출



● 하노버 화학사고(3): 현장대응



war nicht einsatzbereit.

지원(연방)



➤ 주/연방대응 팀 임무 구분명확

- 주: 사고현장대응(<30분)
- 연방: 식별.모니터링지원(>2시간)

➤ 화학사고비상대응계획 준비

- 화학 공장 별 작성(60-70)
- 제독. 급수. 지휘. 현장대응



▶ 초기화학사고대응 팀 역량

- 지역 장기 거주자 /지리시설 숙지
- 공장 별 풍향대 설치 운용
- 대응팀 화학시설 인접위치

1. 화학사고대응 사례 소개

● 하노버 화학사고(4): 주민보호(초기대응)



1차(현장)

협업(지자체)



Bad Fallingbostal
CBRNE 대응 팀

성공요인

- 사전 계획대피체제 시행
 - 대피시설(5km 북/체육관)
 - 1차 대피; 800명
 - 위험(대피)지역(1x2km)
 - 진입도로 차단지역(5): 경찰
- 화학사고대응 팀(지자체)
 - 사전계획 주민대피체제 시행
 - 대피경보 발령해제권한
현장 지휘관 보유
- 현지기상 획득 적용

1. 화학사고대응 사례 소개

● 하노버 화학사고(5): 주민대피

기상변동(실시간)



2차(현장)

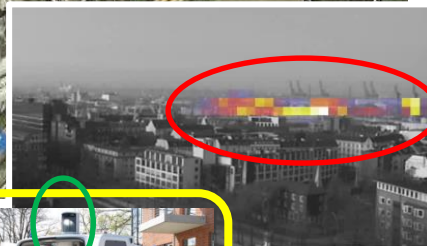
연방



Hamburg
ATF 팀

성공요인

- 사고지역 감시임무(모니터링)
 - 연방 ATF 수행
 - 기상(풍향)변동발생 대응
 - 위험구름 정밀 감시(실시간)
- 주민대피 지역 조정 시행
 - 2차:1,000 명(복서10km)
 - 신규 대피시설 지정운용
- 실시간 주민대피 조정
 - 첨단장비기술 이용



1. 화학사고대응 사례 소개

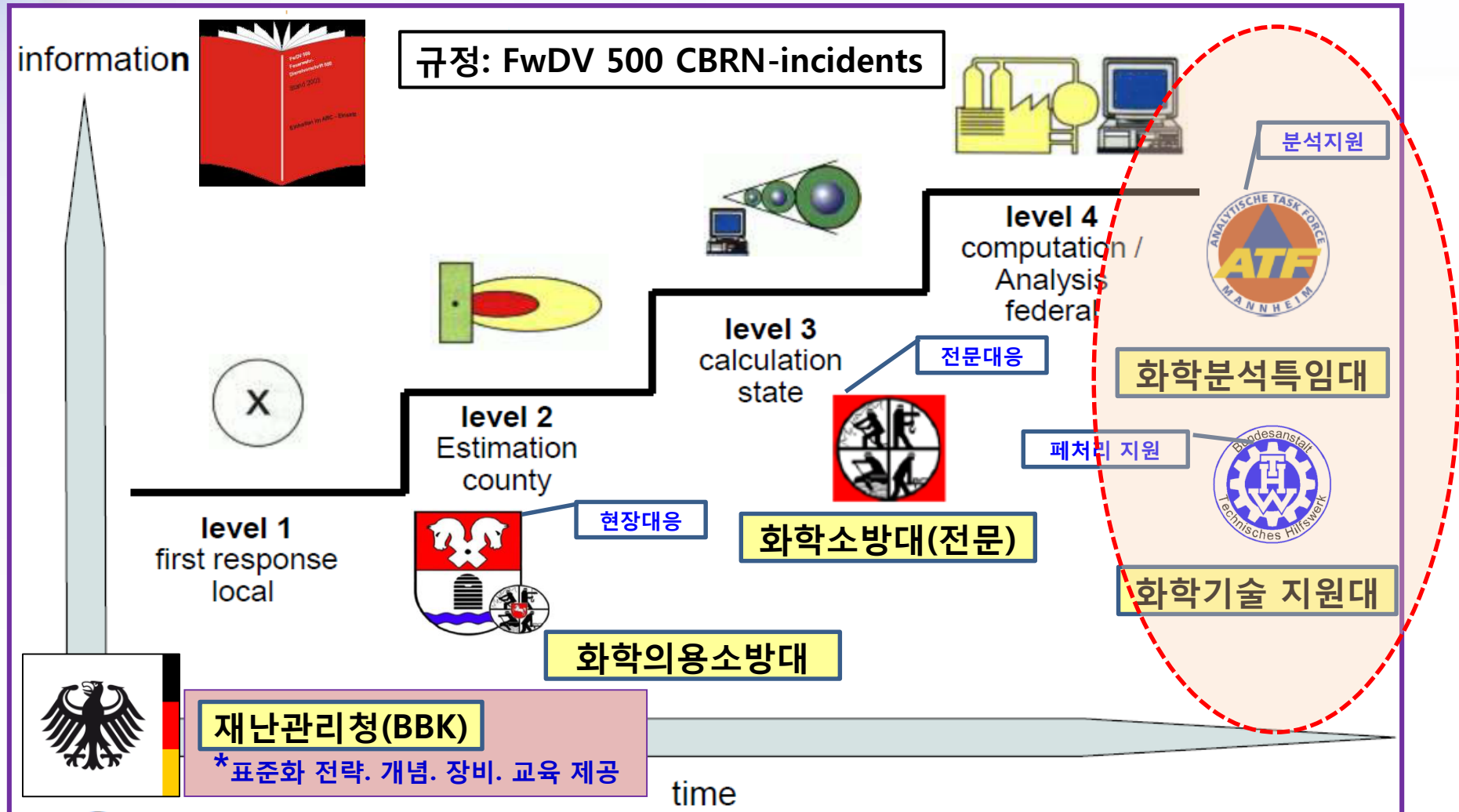
● 사례분석(화학사고대응 개념)



- 2 Track 사고대응절차 수행(현장대응/주민보호 중심)
- 사고대응 4개 핵심조직 역량: 주요 성공요인
- 상황진행단계간 대응기관 명확한 임무역할 구분
- 초기대응조직 높은 신뢰 및 우수한 역량보유

2. 화학사고대응체제

독일 국가 화학사고대응조직의 임무모델(국가지침)



화학사고수준단계별 대응 및 지원기관 구분 국가규정으로 대응역량 system 확보 보장

2. 화학사고대응체제

● 국가 화학사고 대응역량 운영체제(수준)

○ 연방정부 CBRN 시스템



Federal CBRN Protection System

Standardized additional equipment
provided by the Federation

연방정부(BBK)책임

표준화 장비보급. 역량확보



Special
forces
연방

⇒ 7 Analytical Task Forces

-7개 지역 ATF팀



Additional
recon and decon
vehicles at areas at risk
주

⇒ 50 CBRN Recon vehicles
61 Decon trucks



Area coverage by standardized
CBRN reconnaissance and
decontamination vehicles
시

⇒ 450 CBRN Recon vehicles
450 Decon trucks

-화생방 정찰차 / 제독차

기초

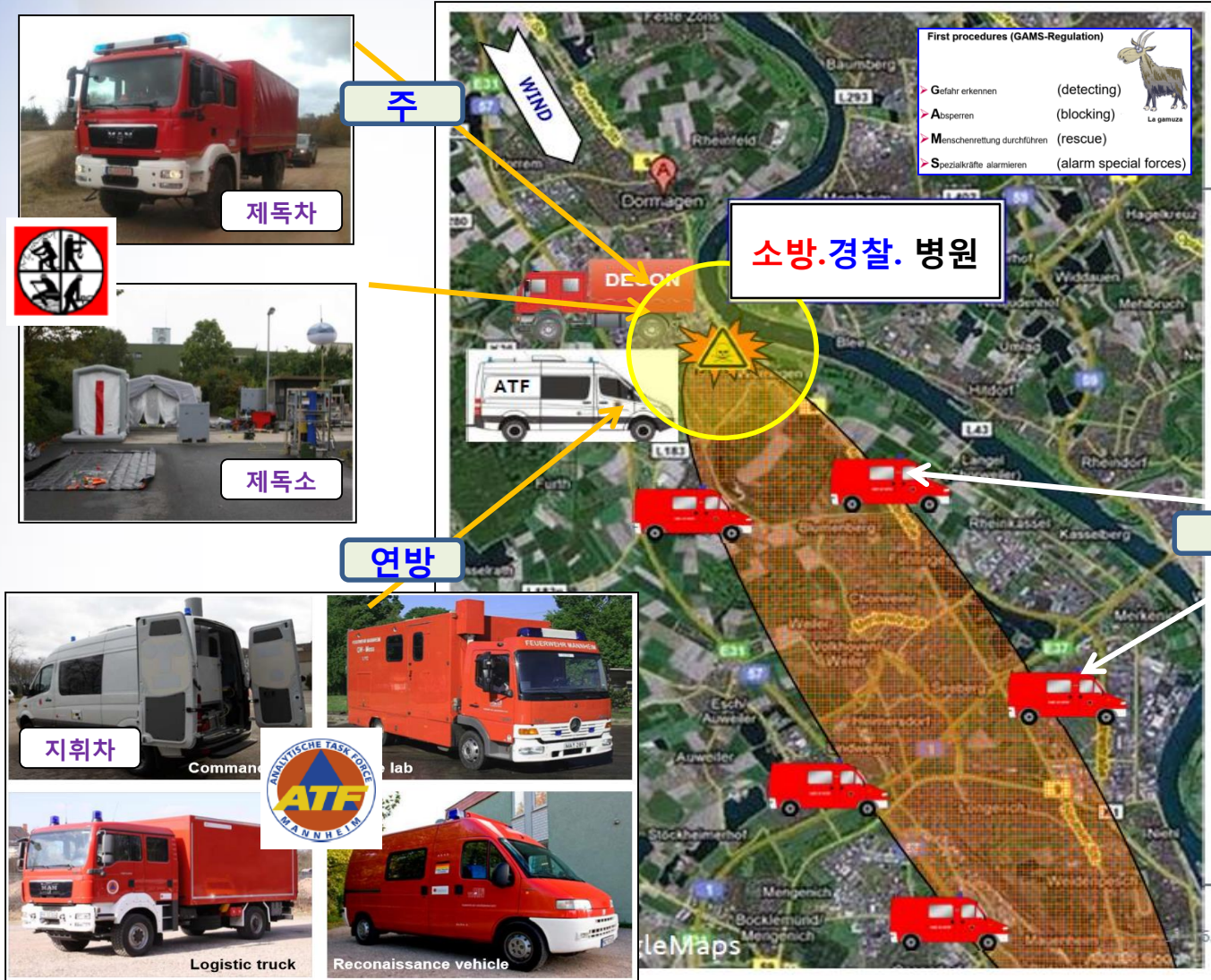
Basic CBRN protection
at local level

Detection Vehicles:
Ex-/Ox-Meter, Detection
tubes, Dose rate meter,
HazMat

탐지/HazMat차

2. 화학사고대응체제

독일 화학사고 대응 개념



최대방호

1.인원보호

- 개인방호장비

2.탐지. 지역결정. 식별

- 지역 화학 의용 소방대

3.대응수단(제독. 주민대피)

- 지역 화학 의용 소방대

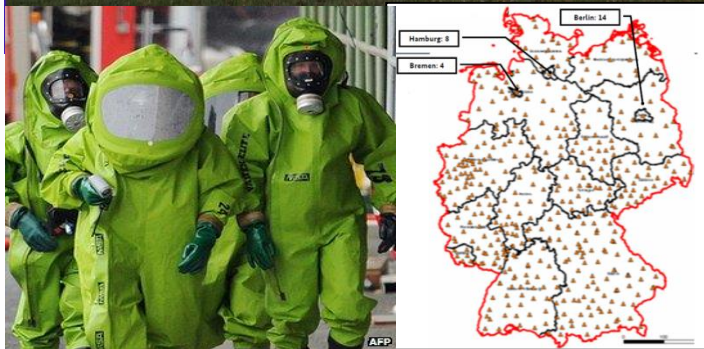
4.전문가. 부가적 자산지원

- 화학분석 특임대(ATF)



2. 화학사고대응체제

화학 의용 소방대(County/ Local)



특징

- 전문 자원봉사자 편성
 - 화학학위. 전문직 종사
 - 지역 지원자 육성관리 (초 - 중.고 - 성인)
- 화학사고대응의용소방대
 - 소방임무 없음.
- 차량편성: 5-6대
 - 지휘 - 탐지 - 제독
 - 지원
- 화학공장: 60-70개 담당
 - 출동: > 30분
- 계급제(경력)
- 일과 후 비상대기 편성

2. 화학사고대응체제

● 전문 화학 소방대(State)

Handling CBRN-Incidents

collecting



pumping



sealing



cleanig



Advanced detection equipment (level 3)



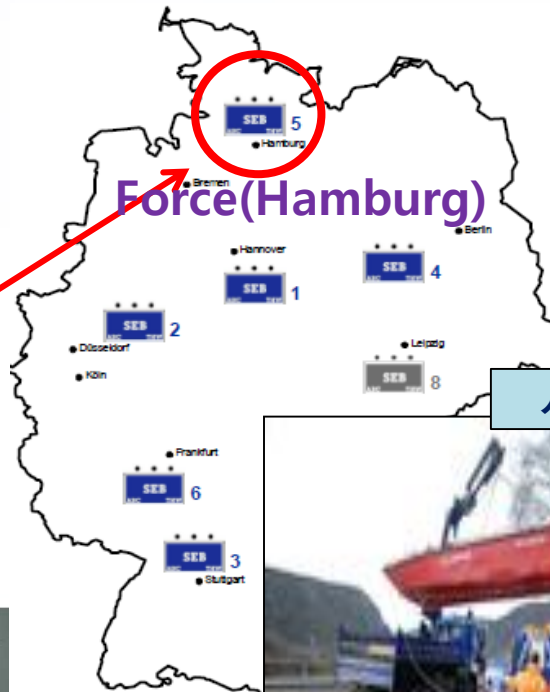
특징

- 화학소방전문가 편성
 - 화학학위소지(석.박사)
 - 국가 소방 공무원
- 소방서(2개 조직구성)
 - 일반 소방대
 - 화학 소방대
- 현장대응특수장비보유
 - 사고물질 제거
 - 사고현장 오염제거
- 사고현장지원(2차)
 - 화학의용소방대
- 해상 화학사고 지원
 - 해안인접 주 지역(6)

2. 화학사고대응체제

● 화학 기술 지원대(주/연방)

"Task force rescue CBRN"(Hamburg): 7개 소대(전국)



사고수습. 폐처리. 복구. 관리



command & control



rescue & salvage



clearing



search



화학사고 현장 전문기술지원 자원봉사 조직

2. 화학사고대응체제

● 화학분석 특임대(연방):2007-2014

Analytical Task Force(Hamburg)



High-end equipment (level 4)



Gas Detector Array
GDA-2



stand-off FTIR
SIGIS



ATR FTIR
HazMatID



GC-MS
E2M



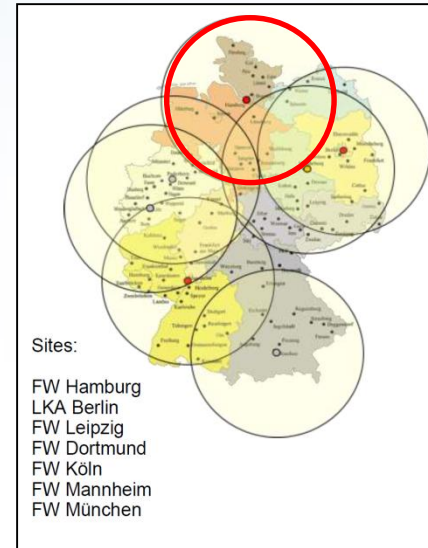
Raman spectroscopy
FirstDefender



gamma-spectroscopy
Identifier



M. König Analytical Task Force Mannheim



Sites:

FW Hamburg
LKA Berlin
FW Leipzig
FW Dortmund
FW Köln
FW Mannheim
FW München



특징

- CBRNE팀(12명/2-3개 팀)
 - 특수차량:5-6대
 - 전문가/특수요원(연방조직)
- 임무: 분석/탐지/모니터링 지원
 - 이동 실험실
 - 원거리영상모니터링
- 전국 7개 지역 운용
 - 책임지역:200km 반경/ >2시간
 - 육. 해상 화학사고 대응.현장자문

2. 화학사고대응체제

● 화학분석 특임대(연방)

Analytical Task Force(Hamburg)



C/RN Analytics

Sampling

CBRN Advice

- 화학물질 탐지. 식별
- 방사능 탐지. 핵종 분석
- 원거리 광지역 모니터링(감시)
- 표본수집
- 상황평가
- 상황전개 예측판단
- 최적대안 건의

Σ: All-in-one „CBRN Service“ for the incident commander



Foto: BF Köln



Foto: BF Mannheim



Foto: BF Dortmund

2. 화학사고대응체제

● 위험 확산예측 및 실시간 모니터링 연계 시스템 운용



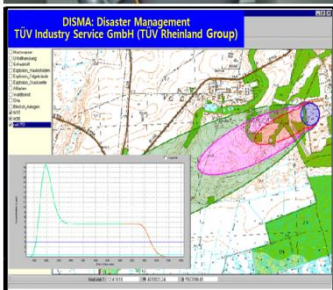
예측(초기)

DISMA



특징

- 방호지대 개념 적용
 - 3개 원호 개념
 - 주민대피 기준
 - 방호 기준
- 독일 ETW 적용
 - German - AEGL
- 통제차량 탑재 운용
 - 초기 현장대응판단



감시(실시간)

특징

- ✓ 모니터링(감시)
 - 사고발생
 - 사고현장진입
 - 오염구름 이동
 - 환경감시
 - 오염지역 측정
 - 누출 원 확인



430종TIC식별

SIGIS- 2



5km

오염예측프로그램(DISMA): 초기신속대응판단 기준



모니터링시스템: 실시간 오염대기 감시 대응기준 제공(위험지역판단조정기능)

2. 화학사고대응체제

● 특수대응장비지원 시스템(TUIS: 연방)



➤ TUIS/ICE (level 3-4)



- Organized by VCI + large chemical companies
- supporting local fire brigades
- operating on national level
- High-tech equipment



M. König Analytical Task Force Mannheim



2. 화학사고대응체제

● 제독(중화)제 물자 비축(국가수준: 연방)

National Stockpile of Hypochlorite



BBK(재난관리청)



4,500 D/M(50kg) 비축/ 요청 24시간 내 사고현장 수송 분배 가능

3. 화학사고대응체제

● 지방(주. 시. 군): 주 소방학교(연방: 화생방사고대응 교육위임)

Fire Service Regulation No. 2

- 의용소방대원: 화생방. 리더쉽 의무교육
- 일반소방대원: 화생방(12시간)
- 소방 지휘관(비 화학): 화생방
(2차: 2-10시간)
- 화학 소방대원: 화생방(35-70시간)
 - 탐지. 제독. 화생방 사고대응
- 화학소방지휘관: 화생방(70시간)

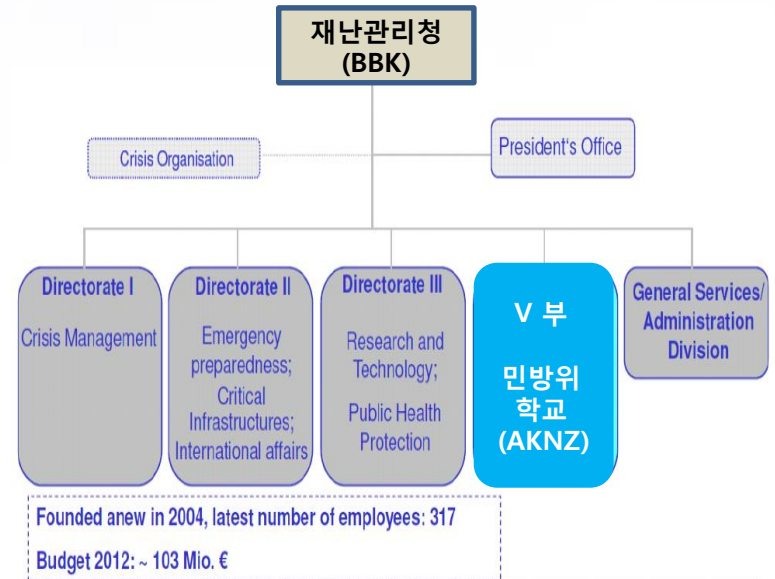


3. 화학사고대응 교육훈련체제

● 연방: 민방위학교(AKNZ): 화생방 훈련센터

대상: 전문가(민간. 연구소. ATF)
소방 지휘관. 소방학교 교관.

- 탐지. 식별
 - 화생방 정찰차 운용
 - 표본수집
 - 화학분석 특임대(ATF)
- 제독
- 화생방 사고 상황평가
- 기본 화생방 훈련(표준)



목표

- 위험평가
- 표준사고대응절차(SOP) 이행
- 최선의 대응(대량사상자 발생)
- 협업기능체제 개선(주.지방대응조직)
- 정부부서 협업개선(국제임무간)

3. 화학사고대응 교육체제

● 화학사고 표본수집훈련(Sampling): 예



1. Training with the CBRN equipment



C-sampling



B-sampling



RN-sampling

2. On site training (live agent training)

Chemical
Incident
(Exercise)



Bio Incident
(Exercise)



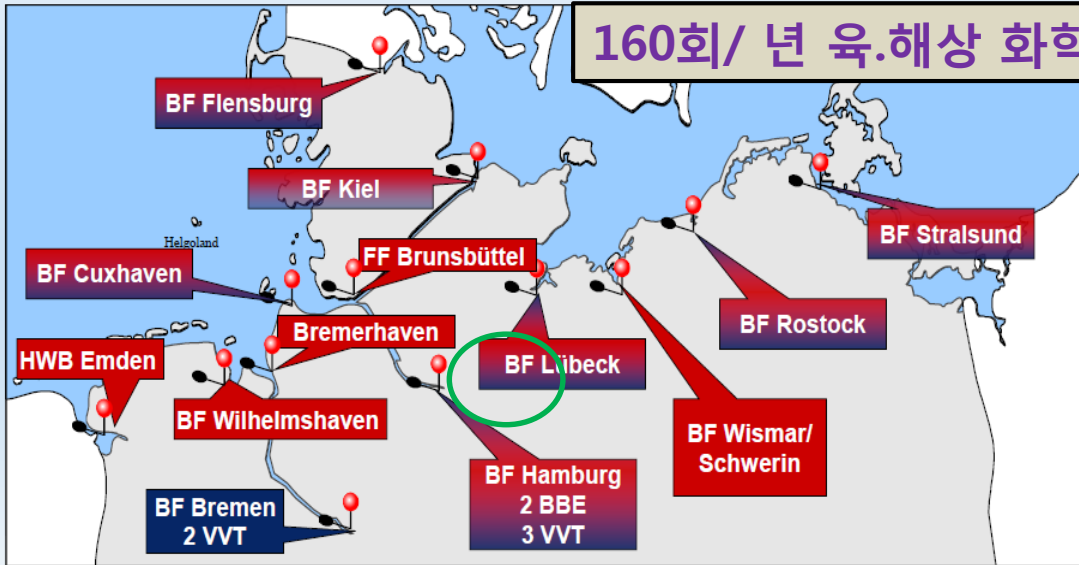
3. Evaluation of the sampling during the exercises

3. 화학사고대응 교육훈련체제

● 현장훈련: 육. 해상 사고대응조직 합동훈련



160회/ 년 육.해상 화학사고대응 훈련



4. 사고대응전략 및 역량강화 방안

● 우리의 문제

● 화학사고 대응 임무 및 역할의 분산

- 사고대응조직의 다원화
- 느슨한(약한) 통제력
- 장비의 비 표준화
- 초기현장위주 사고대응
- 사고대응전략 및 개념 부재
- 사고대응역량의 통합성의 한계

주

대응 역량발휘 저 효율성



● 방 향

- 주민보호체계로서 화학 사고 통제. 대응개념 및 전략 발전
- 표준화된 우수한 예측. 분석. 모니터링 및 대응장비 시스템구축
- 국가 및 지방 사고대응조직의 임무 역할 구분 명확
- 실효성 있는 사고대응절차 및 교육훈련체제 구축
- 초기사고 대응기관 합동훈련체제 발전

4. 사고대응전략 및 역량강화 방안

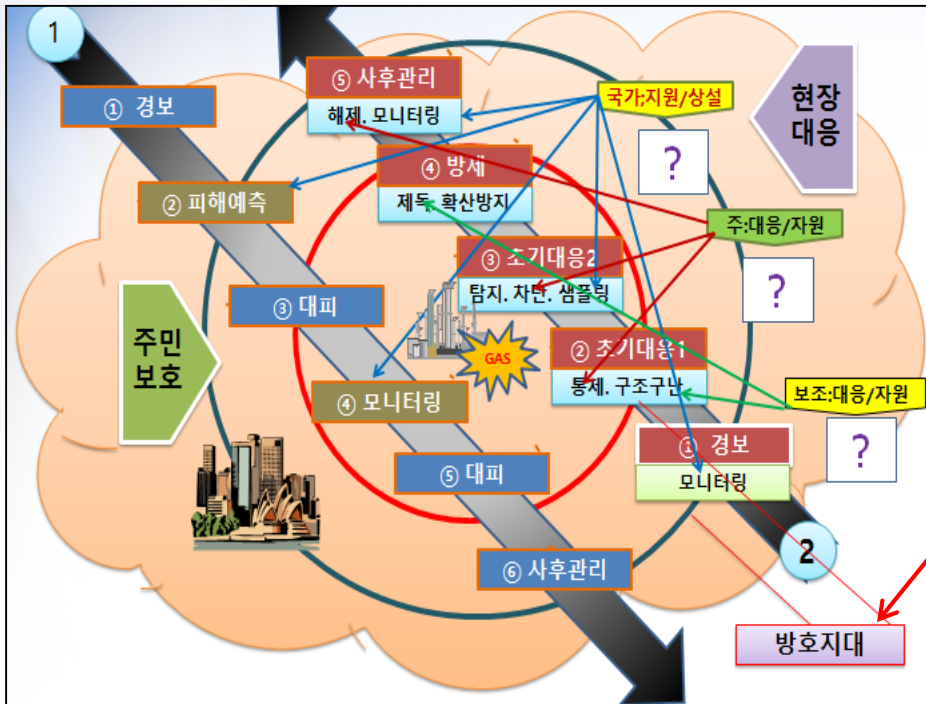
역량강화방안(1)

1

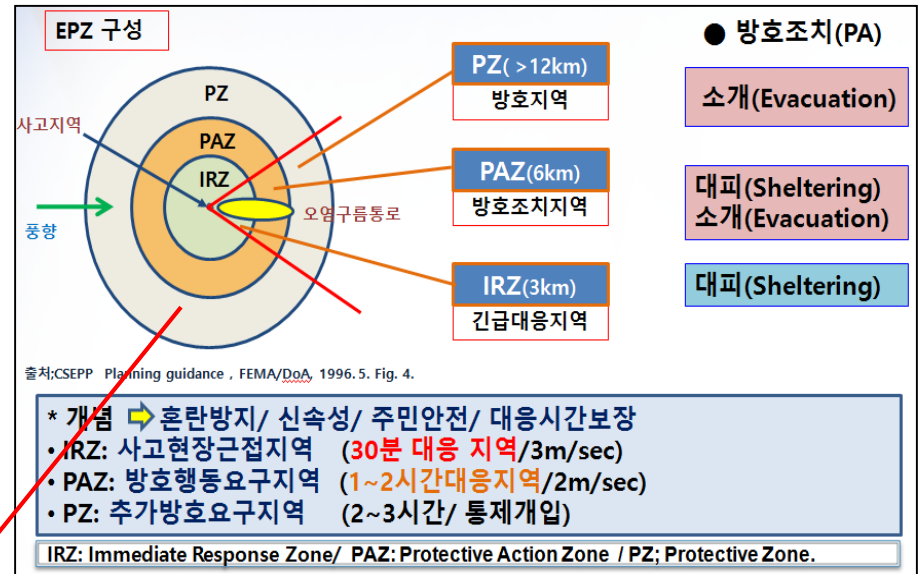
규정
지침

- 국가차원의 합동 화학사고 대응 지침(규정/육.해상) 마련
 - 사고대응개념/전략. 대응기관 임무역할. 수준별 표준장비편제기준
- 표준 현장 행동 매뉴얼(사고대응 SOP) 작성
 - 사업장 + 초기대응기관(소방. 방재센터) + 지자체 참여(검증/합의)

화학사고 대응개념 및 전략



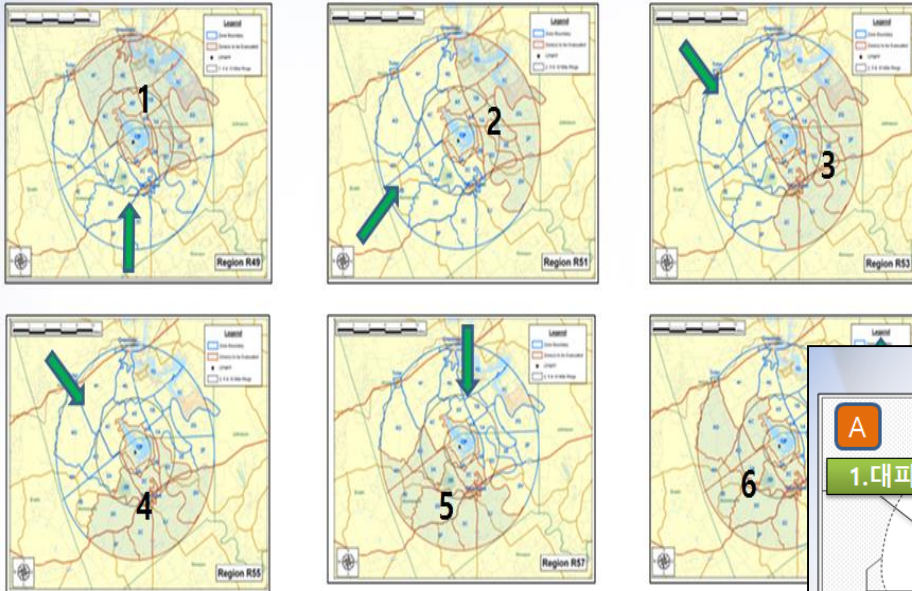
비상계획지대(방호지대) 편성



한국 화학산업환경 및 대응체제에 적합한 조건고려

4. 사고대응전략 및 역량강화 방안

- 10개 비상대피모형: 여름(4), 겨울(4), 야간(2), 특수조건(2)



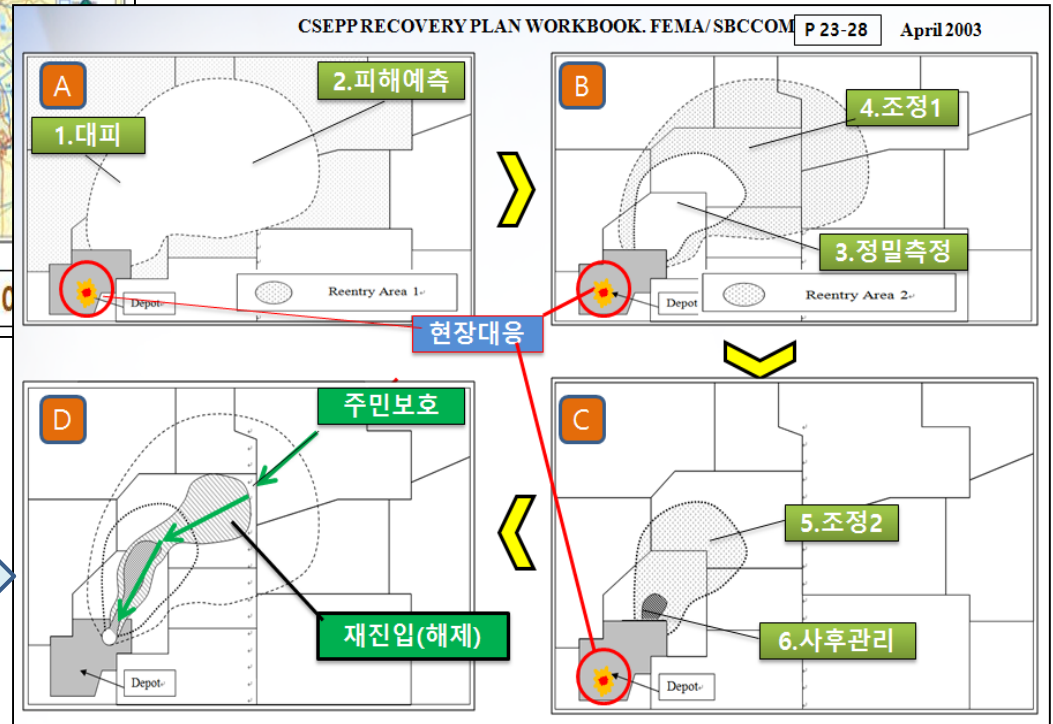
- 화학사고: CARIS 적용한 한국형 특수재난 비상대피 모형 개발(10)

주민대피 및 복귀절차(SOP)

주민불편 최소화 및 최대방호조건 충족

긴급 주민대피모델(비상대응계획)

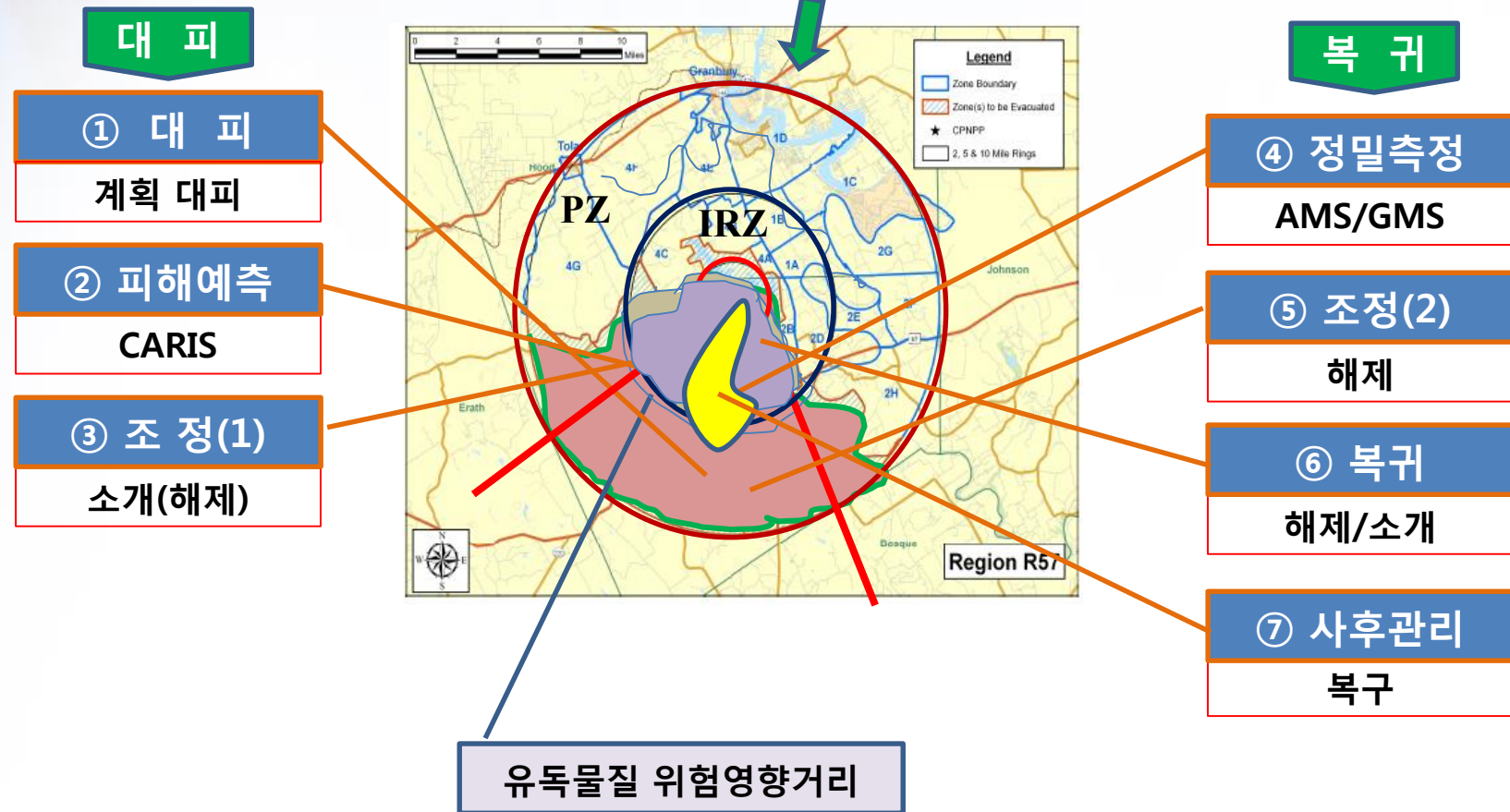
경보 및 주민 대피시간 최소 단축 보장필요



4. 사고대응전략 및 역량강화 방안

주인 대피. 소개 및 복귀지침 모델(안)

화학사고(Evacuation& Return home Guide)



출처;CSEPP Planning guidance , FEMA/DoA, 1996. 5.

출처;CSEPP Planning guidance , FEMA/DoA, 1996. 5.

AMS : Airborne Measuring System(공중정밀측정체제)

4. 사고대응전략 및 역량강화 방안

● 역량강화방안(2)

2

기반
구축

- 표준 화학사고대응 교육 콘텐츠/프로그램 개발
 - 일반용(12시간) / 전문가용(32시간)/ 화학사고대응 지휘자용(64시간)
- 화학사고대응 합동훈련장(센터) 구축(싱가포르/ TEEX)
 - 실시간 현장대응 FSE 시설/ Simulator 시설(사고유형별)

● 합동 화학사고대응훈련장 설치(민.관)



화학물질안전원(오송 야외 화학 훈련장:2019)

● 화학사고대응 SIMULATOR 개발



국민 안전처(지역재난대책본부용: 2017-18)

4. 사고대응전략 및 역량강화 방안

● 역량강화방안(3)

3

훈련
체제

- 국가 화학사고대응 종합훈련계획 수립 추진(3년): 원전훈련 적용
 - 6개 산단/3개 해상 포함/ 년 중 균형된 사고대응역량 구축/ 평가
- 화학사고대응훈련과정의 통합 훈련모델 개발 적용
 - 유관교육기관(중앙소방학교, 해경교육훈련원, 화학물질 안전원)
 - 공통과정(동일훈련장 사용)

4

제도
정비

- 사고대응관련기관의 협업체계 고도화를 위한 법령정비
 - 산단 협의회-지자체-초동 대응기관(합동방재센터, 긴급구조통제단)-유관기관
- 우선과제: 주민대피체제 구축
 - 주민대피명령권에 대한 불 명확성
- 지속추진과제: 사고원인조사시스템 구축
 - 현행법(화관법, 화평법): 사고피해 및 영향조사위주 규정
- 지속추진과제: 사후관리(CM/ 복구)절차 개발
 - 토양, 수질오염 복구방법 및 절차, 인체 보건영향성평가 및 관리체계구축

5. 결 론

- 독일: 화학사고대응 체제 구축(12년 소요: 재난관리청 BBK)
 - 1단계(2007~2014): 8년 소요(시스템구축/기술. 장비개발)
 - 2단계(2015~2018): 4년 소요(고도화-장비확충.역량증대)

국가적 장기 로드 맵 정립추진 필요

국민 안전처 / 환경부

개념. 전략개발-조직편성- 대응기술개발- 장비개발- 전문가양성- 교육훈련구축



THANK YOU