

## 중국 텐진항 폭발사고로 인한 충남지역 오염물질 유입가능성 조사

이상신, 윤종주, 표정기

충남연구원 서해안기후환경연구소 기후변화대응연구센터

- ◇ 2015년 8월 12일 중국 텐진에서 발생한 대규모 폭발사고로 인한 오염물질의 충남지역 유입 가능성 우려가 제기됨에 따라
- ◇ 환경부 보도설명자료('15.8.17)를 포함한 관련 자료를 취합, 판단할 때 사고 관련 오염물질의 유입 가능성은 희박해 보이나, 유사시 대비태세 확립과 지속적인 추가 모니터링이 필요함.

### □ 중국 텐진항 폭발사고에 따른 독극물 유출 현황

- 보도자료(보도매체 : '15.8.17, 서울경제, 조선, 중앙 등)에 따르면 텐진항 폭발사고로 인하여 독극물(시안화나트륨 등) 약 700t이 사라져, 사고 오염물질의 국내유입 가능성 우려
- 오염물질 유입영향 우려에 따른 불확실한 각종 루머 확산

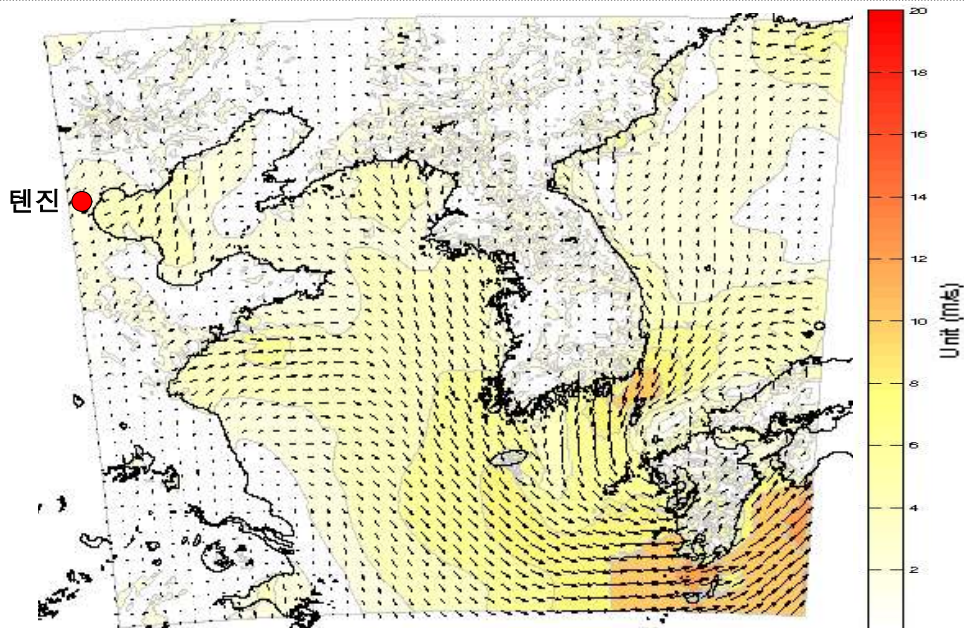
### □ 충청남도에 미치는 영향 조사

- 환경부 보도설명자료('15.8.17)에 의하면 당시의 기상상황, 지역적 위치 등을 종합적으로 검토할 때 사고 오염물질의 국내유입 가능성은 없는 것으로 발표
- 중국 텐진은 충청남도과 직선거리로 약 900km 떨어져 있으며, 북서쪽에 위치함

\* 텐진은 중국 대련, 북한의 평양과 비슷한 위도에 위치함

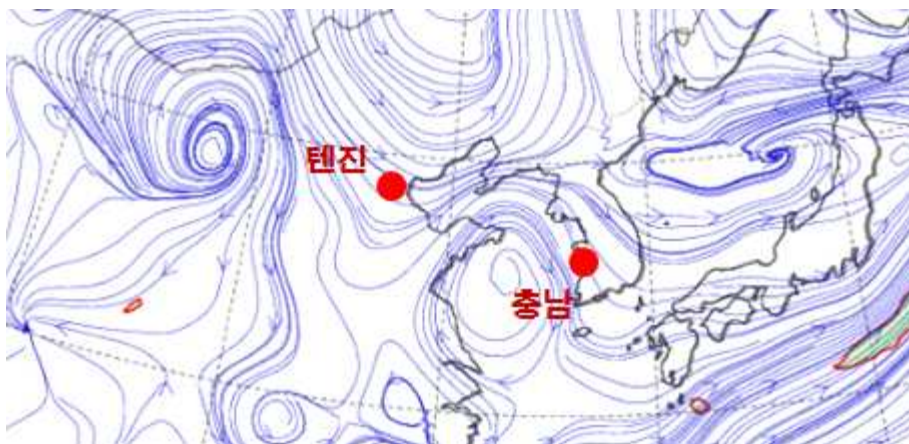
- 텐진항 폭발사고 이후의 기간('15.8.13~20) 동안, 텐진 주변의 지표부근 바람 방향은 주로 남서풍 계열의 우세 추세가 지속됨
- 따라서 바람에 의한 오염물질 이동은 대부분 텐진의 북동쪽에 위치한 만주 지역 쪽으로 진행된 것으로 예측됨
- 지상으로부터 약 1.5km 내외(850hPa)의 유선과 풍속에 따르면 사고이후 8월 15일까지 북서풍이나 북풍의 영향으로 텐진으로부터 충남지역으로 바람의 이동이 있었으며, 이후 북서풍이 지속적으로 영향을 미침

▶ 텐진 폭발사고 직후인 '15.8.13 00:00의 풍향·풍속 분포도



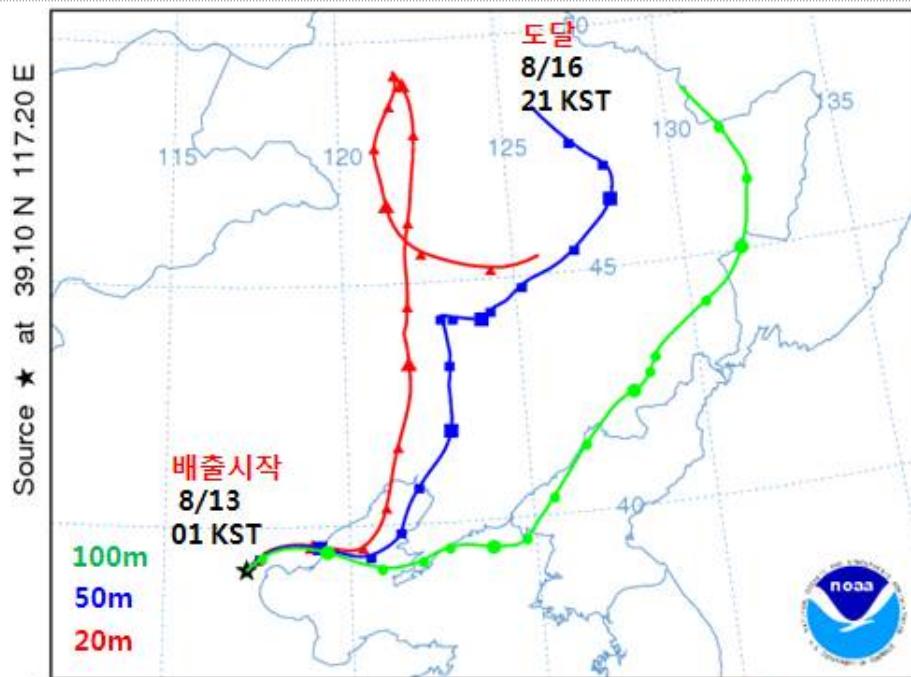
자료제공 : 한국해양과학기술원 연안재해·재난연구센터, 표면 바람

▶ 텐진 폭발사고 3일째 '15.8.14 15:00 지상 1.5km내외 유선, 풍속



자료제공 : 기상청 날씨영상 전문가용일기도, 850hPa 유선, 풍속

▶ 텐진 폭발사고 직후인 대기 이동경로 분석 결과 ('15.8.13~16)



자료제공 : 국립환경과학원

※ 붙임 2. 우리나라 주변 풍향·풍속 변화(8.12~8.19)

※ 붙임 3. 텐진 폭발사고 이후 8일간('15.8.13~20)의 풍향풍속 산출결과

- ▶ 대류(convection)에 의한 오염물질의 이동을 고려할 때 지표부근에서 이송(advection)에 의한 오염물질의 이동 가능성은 없을 것으로 판단되며, 대기 상층부(1.5km 부근)에서는 공기보다 가벼운 오염물질의 경우 8월 15일까지 이송에 의한 오염물질의 이동이 발생했을 것으로 판단됨
- ▶ 오염물질의 이동은 이송과 더불어 확산(diffusion)이나 브라운운동(Brownian motion)에 의한 부분이 고려되어야 하며, 텐진 사고도 확산에 의한 오염물질 이동을 고려해 볼 수 있으나, 사고 이후 풍속 등을 고려했을 때 오염물질의 주 이동원은 이송이고 확산에 의한 이동은 미미할 것으로 판단됨

## ▶ 대류(Convection) : 이송(advection)과 확산(diffusion)

- 이송(advection) : 유체에 포함된 오염물질이 중력이나 바람 등에 작용으로 생기는 유체의 흐름과 함께 이동하는 현상, 유체를 타고 이동하는 현상.
- 확산(diffusion) : 기체분자 또는 용액상 중의 성분이 고농도에서 저농도로 이동하여 전체 영역으로 균일하게 퍼져 농도차가 없어지는 현상
- ※ 브라운운동(Brownian motion) : 액체 혹은 기체안에 떠서 움직이는 작은 입자의 불규칙한 운동

## □ 유출 가능 오염물질 영향

- 폭발에 의한 주요 오염물질인 시안화나트륨( $\text{NaCN}$ )은 물(산성비)과 접촉시 시안화수소( $\text{HCN}$ )가 생성될 가능성이 있으며, 시안화나트륨은 공기보다 무거워 대류(이송과 확산)에 의한 원거리 전파 가능성이 매우 낮으나, 기체형태인 시안화수소(비중 0.699 @ 22°C)는 추가 검토가 필요함
- ※ 비중은 공기 1에 대한 값, 온도가 올라가면 기체는 더 가벼워짐
- 유출이 예상되는 질산칼륨( $\text{KNO}_3$ ), 염소산나트륨( $\text{NaClO}_3$ ), 질산암모늄( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 등은 주로 폭발 위험물질로 대기를 통한 유입시 위험은 상대적으로 낮은 것으로 판단됨

## □ 향후 조치 및 대비 사항

- 기상청 및 국립환경과학원의 대기오염도 변화 모니터링 결과 주시
- 중국 현지의 추가 폭발 및 오염물질의 지속 배출 가능성에 대비한 지속적인 감시체계 유지
- 유사시 관련 부서와 유관기관 담당자들의 대국민 행동요령 숙지 및 신속한 전파체계 대비

※ 붙임 1. 사고시 유출 의심 유독물질 특성과 유해성, 대응조치



## ○ 물질 특성

물질명	특 성
시아나화나트륨 (NaCN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 청산소다, 청화소다</li> <li>■ 녹는점은 563.7℃이고 끓는점은 1496℃임</li> <li>■ 무색의 결정이며 물에 잘 녹음. 수용액은 가수분해하여 강 알칼리성. 산에 의해 분해되면 시안화수소를 발생</li> <li>■ 도금, 제련 등에 공정에 사용</li> <li>■ 7~8kg 분량으로 1500명 살상가능</li> </ul>
시아나화수소 (HCN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 청산</li> <li>■ 녹는점 -13.3℃, 끓는점 26℃</li> <li>■ 흡입시 100ppm 이상이면 30분~1시간내 사망 또는 위독상태에 빠짐</li> <li>■ 제2차 세계대전 당시 나치가 유대인 학살시 사용했던 독가스</li> </ul>
질산칼륨 (KNO <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 산소가 다량 포함되어 황, 유기물 등과 혼합시, 폭발을 일으킴</li> <li>■ 물에 대한 용해도가 높음</li> </ul>
황화나트륨 (Na <sub>2</sub> S)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 물에 잘 녹아 강알칼리성을 띄며, 황을 용해하여 다황화나트륨이 발생됨</li> </ul>
황화수소나트륨 (NaHS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 백색의 분말로 존재</li> <li>■ 무수상태에서는 공기중 산화하여 황색으로 변하고, 녹는점은 22℃이고 물과 에탄올에 녹음</li> </ul>
염소산나트륨 (NaClO <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 녹는점은 248 ℃이고 비중은 2.490(15 ℃)임</li> <li>■ 300 ℃ 이상 가열하면 산소를 발생하고 분해</li> <li>■ 약 흡습성이 있으며, 물·알코올에 녹고, 산성수용액에서는 강한 산화작용을 나타냄</li> <li>■ 주로 과염소산염 제조에 사용되고, 산화제·성냥·연화(煙花)·폭약재료로 사용</li> </ul>
질산암모늄 (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 냄새, 색깔이 없고 덩어리 모양의 결정을 형성</li> <li>■ 흡습성이 있고 물에 잘 녹음</li> <li>■ 30℃의 물 100g당 241.8g 용해됨</li> <li>■ 질산암모늄은 공기 중에서는 안정적인 편이지만 온도가 높거나, 밀폐용기 속에 있을 때, 혹은 가연성물질과 함께 있을 때는 폭발 위험이 있음</li> </ul>

## o 노출시 영향 및 대응조치

물질명	영향
시안화나트륨 (NaCN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>단기적으로 눈, 피부, 호흡기에 심한 자극을 일으킴. 노출시, 사망을 초래함.</li> <li>장기적으로 갑상선에 영향을 미침.</li> </ul>
시안화수소 (HCN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>단기적으로 눈, 호흡기에 강한 자극과 함께 세포 호흡에 영향으로 경련 및 의식불명을 유발함. 노출시 사망을 초래함.</li> <li>장기적으로 갑상선에 영향을 미침.</li> </ul>
질산칼륨 (KNO <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>단기영향으로 눈, 피부, 호흡기에 강한 자극을 줌. 혈압 및 메타헤모글로빈의 형성으로 심장혈관 및 혈액 시스템에 영향을 미침. 심한 노출은 사망을 초래함.</li> </ul>
염소산나트륨 (NaClO <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>단기적으로 신장 손상을 초래하고 눈, 피부, 메타헤모글로빈 형성에 영향을 미침.</li> </ul>

## o 대응조치 (화학물질정보 시스템(ncis.nier.go.kr 참고))

물질명	대응조치
시안화나트륨 (NaCN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험지역에서 대피하고 전문가의 상담 필요</li> <li>유출물질을 밀봉하고 라벨을 붙인 건식 용기에 담을 것</li> <li>남은 물질을 차아염소산 나트륨 용액으로 중화함</li> <li>많은 양의 물로 씻어낼 것</li> <li>집중적인 관리가 필요하고 일반 환경에 노출 금지</li> <li>자급식 공기호흡기를 가진 화학 보호복을 피복함</li> </ul>
시안화수소 (HCN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>위험지역에서 즉시 대피시키고 전문가의 상담 필요</li> <li>모든 점화원을 제거할 것</li> <li>남아 있는 누출액을 모래나 비활성 흡수제로 흡수시키고, 안전한 장소에서 제거할 것</li> <li>액체에 물을 직접 분사하지 말 것</li> <li>가스가 새지 않는 화학보호복을 착용함</li> </ul>

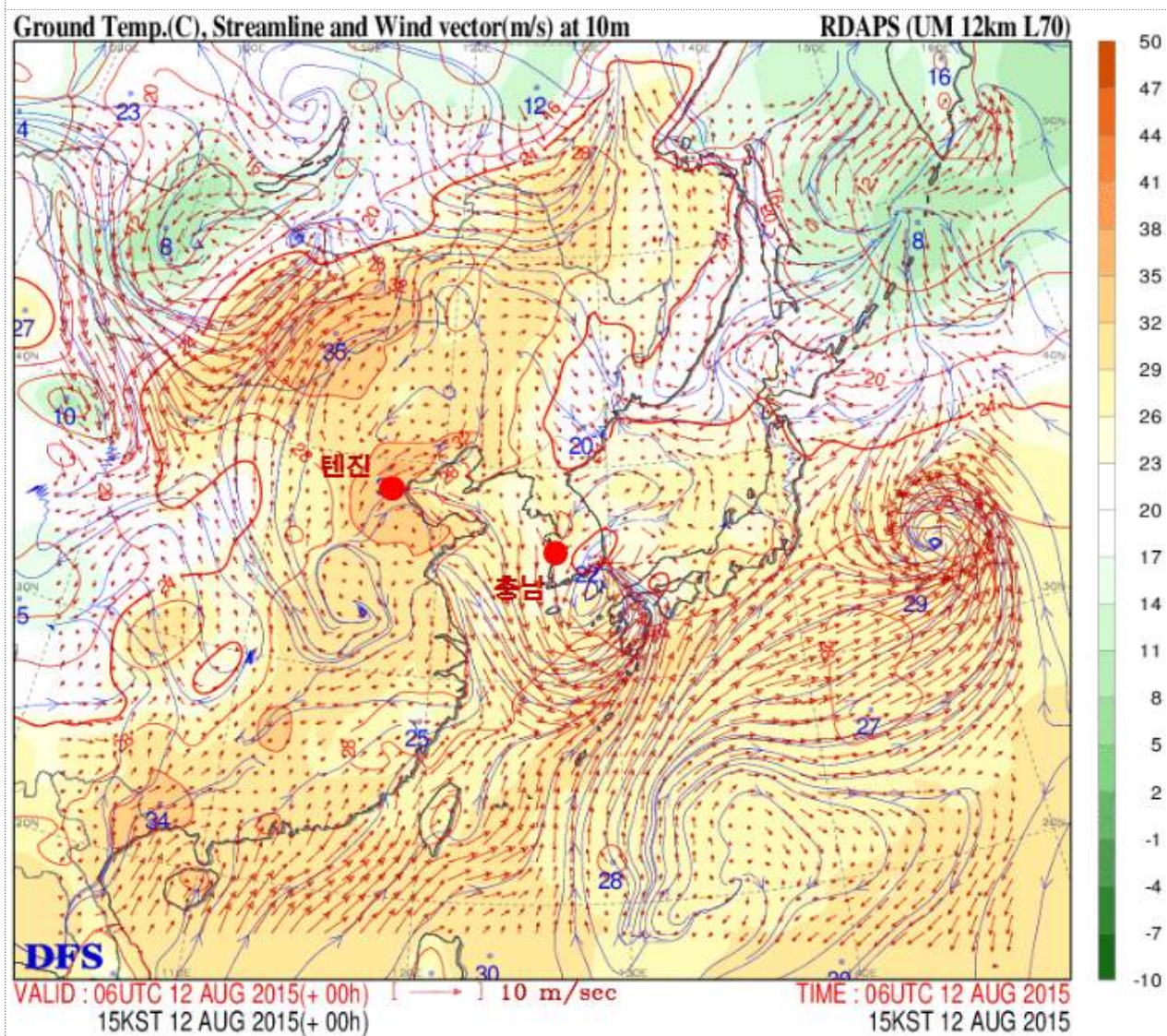
물질명	대응조치
질산칼륨 (KNO <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 유출물질을 전용 용기에 담을 것</li> <li>▪ 남은 물질을 모으고 안전한 장소에서 제거할 것</li> <li>▪ 톱밥이나 다른 가연성 흡수물질로 흡수시키지 말 것</li> </ul>
염소산나트륨 (NaClO <sub>3</sub> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 유출물질을 밀봉 가능한 용기에 담을 것</li> <li>▪ 분진 발생을 막기 위해 물을 우선적으로 분사함</li> <li>▪ 남은 물질을 모으고 안전한 장소에서 제거할 것</li> <li>▪ 톱밥이나 다른 가연성 흡수물질로 흡수시키지 말 것</li> <li>▪ 유해 입자를 막을 수 있는 개인 보호구(방독마스크 등) 장착</li> </ul>

## 붙임2

우리나라 주변 풍향·풍속 변화(8.12~8.19)  
(기상청제공 전문가용일기도)

- 사고 이후 주변 지역의 바람방향은 지상부근 남서풍, 남풍 계열의 우세가 지속되고 있으며, 약 1.5km 상공도 남서풍과 남풍 계열이 우수하나 14일과 15일 북서풍과 북풍이 나타남
- 기상청 일기도 : 10m 바람

### ▶ 텐진 폭발사고 당일 `15.8.12 15:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도

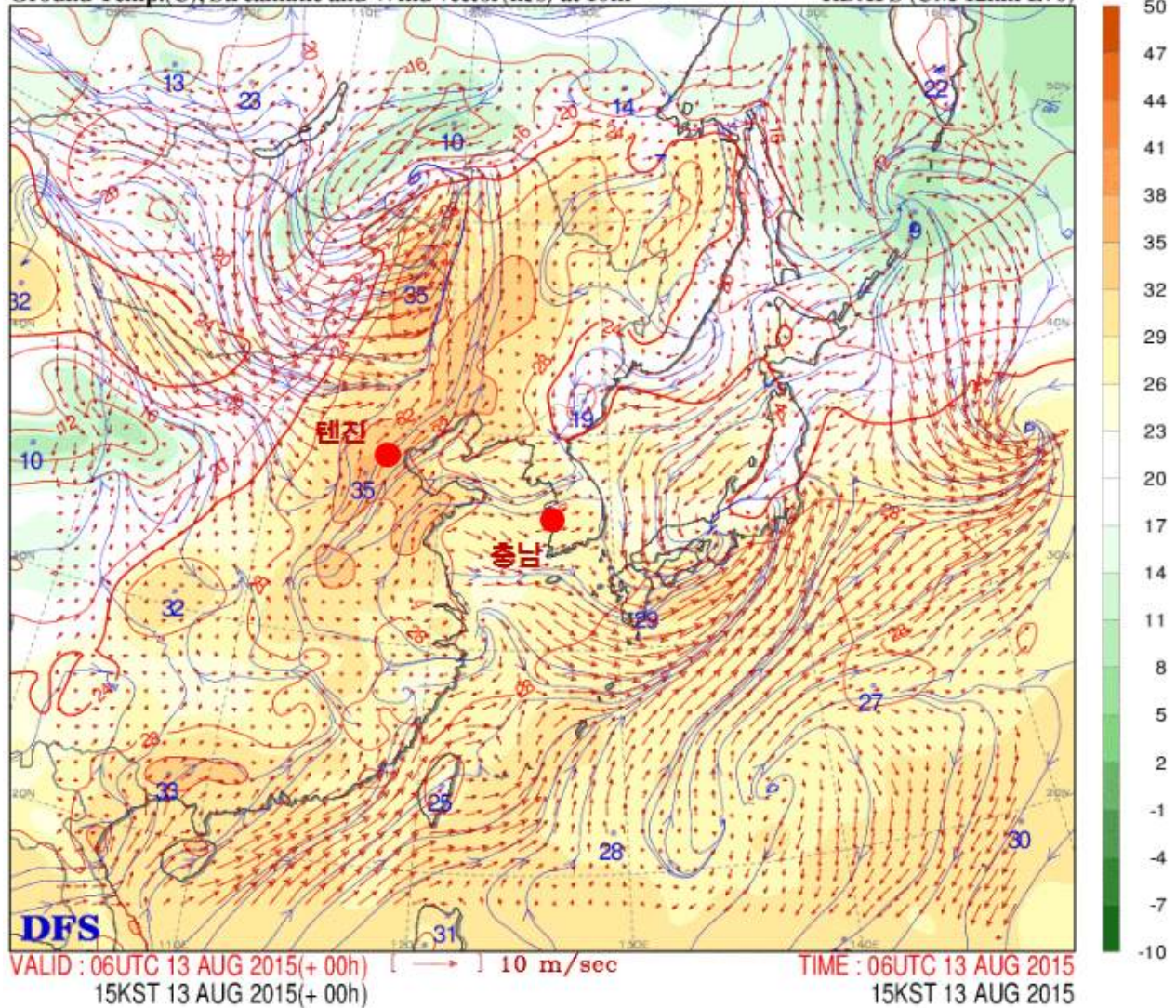




▶ 사고 후 1일 : '15.8.13 15:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도

Ground Temp.(C), Streamline and Wind vector(m/s) at 10m

RDAPS (UM 12km L70)

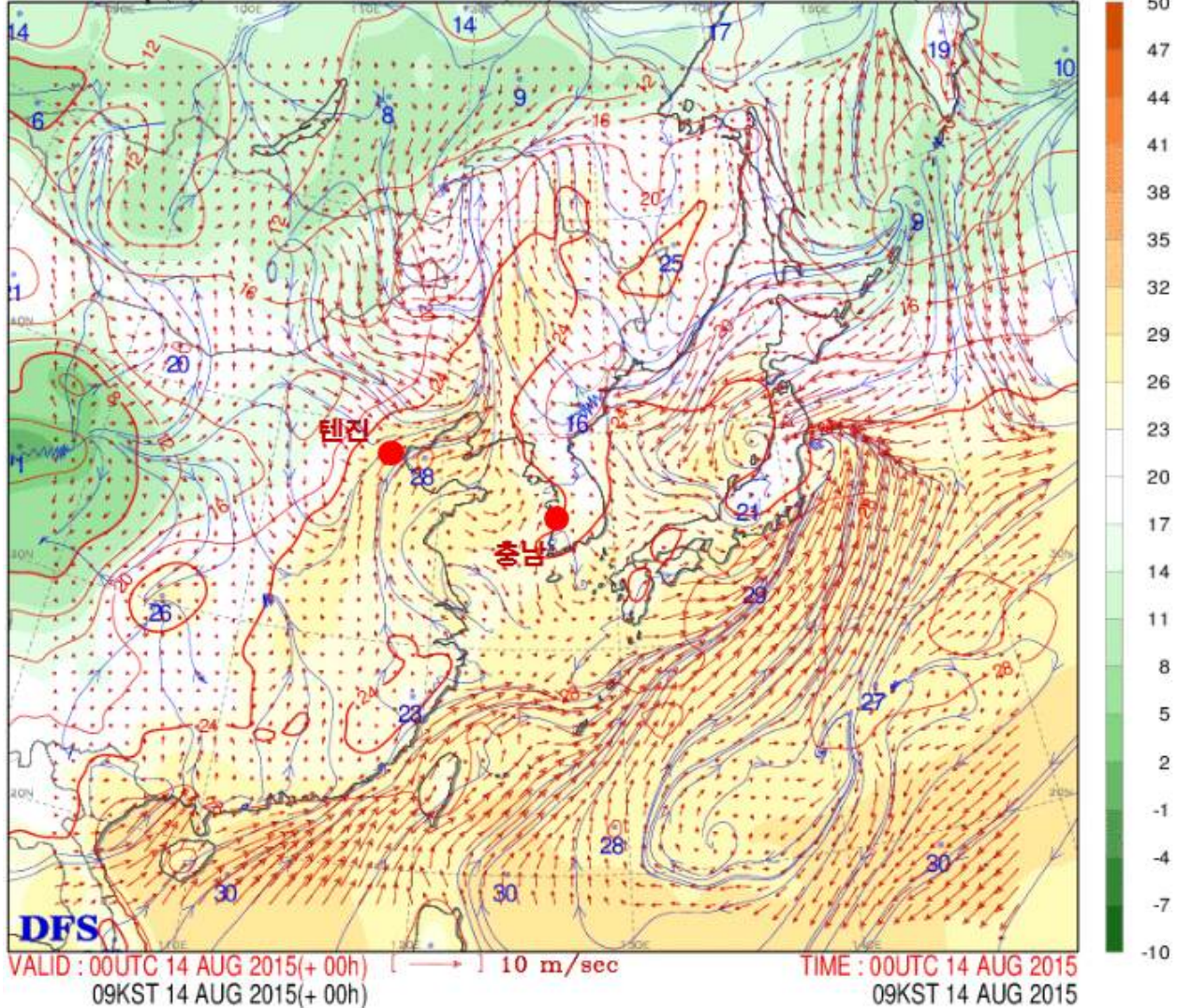




▶ 사고 후 2일 : '15.8.14 09:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도

Ground Temp.(C), Streamline and Wind vector(m/s) at 10m

RDAPS (UM 12km L70)

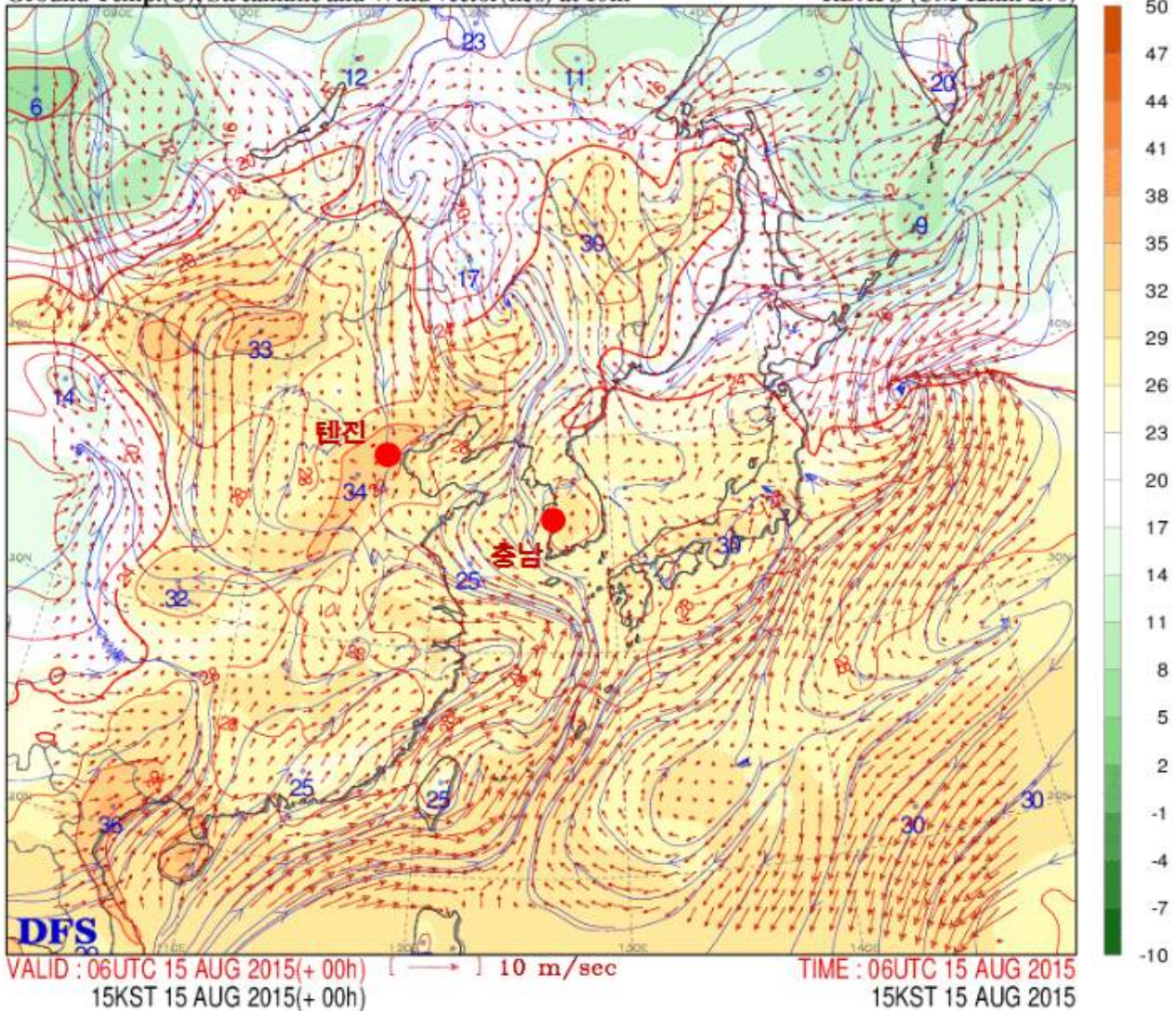




▶ 사고 후 3일 : `15.8.15 15:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도

Ground Temp.(C), Streamline and Wind vector(m/s) at 10m

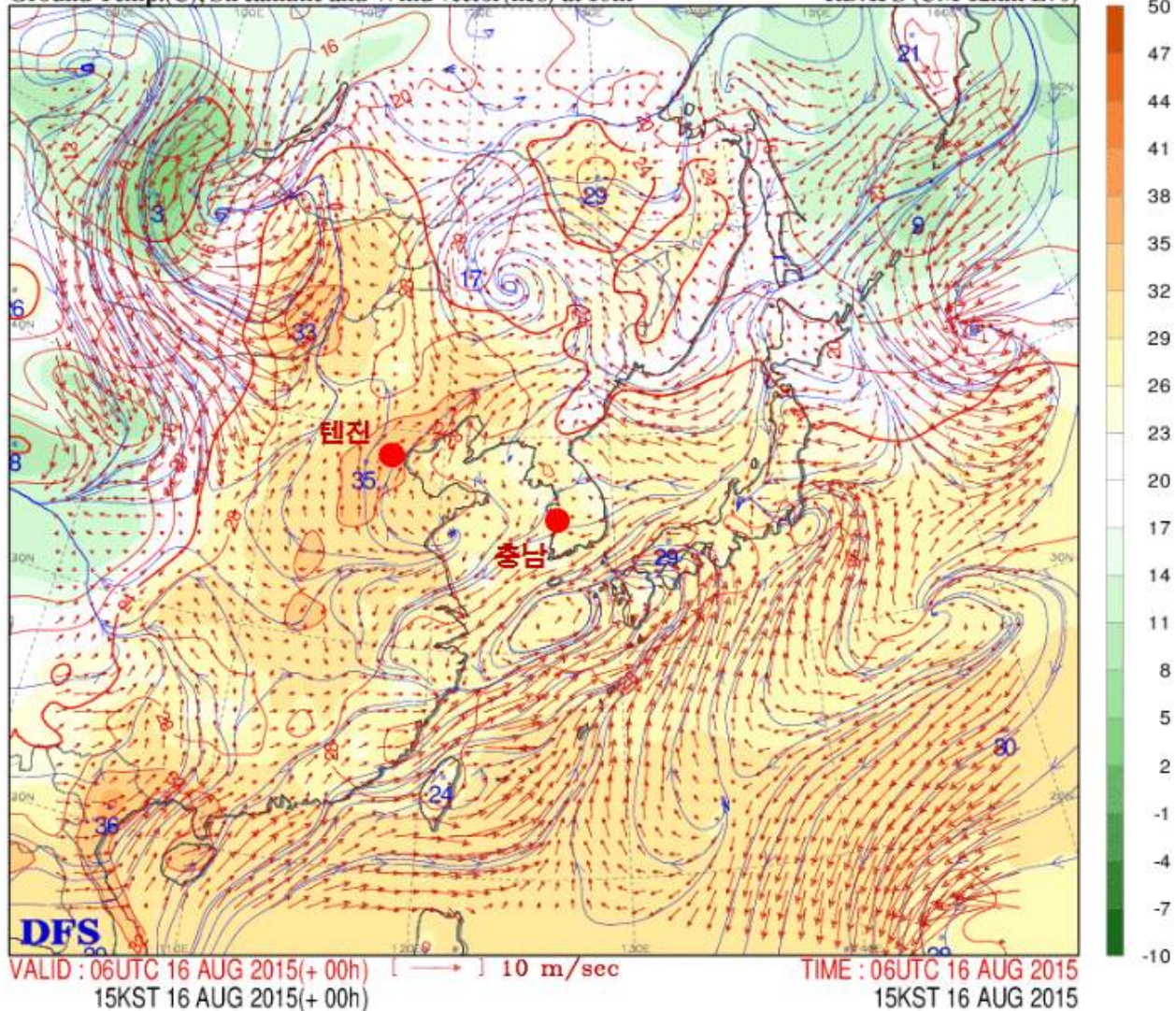
RDAPS (UM 12km L70)





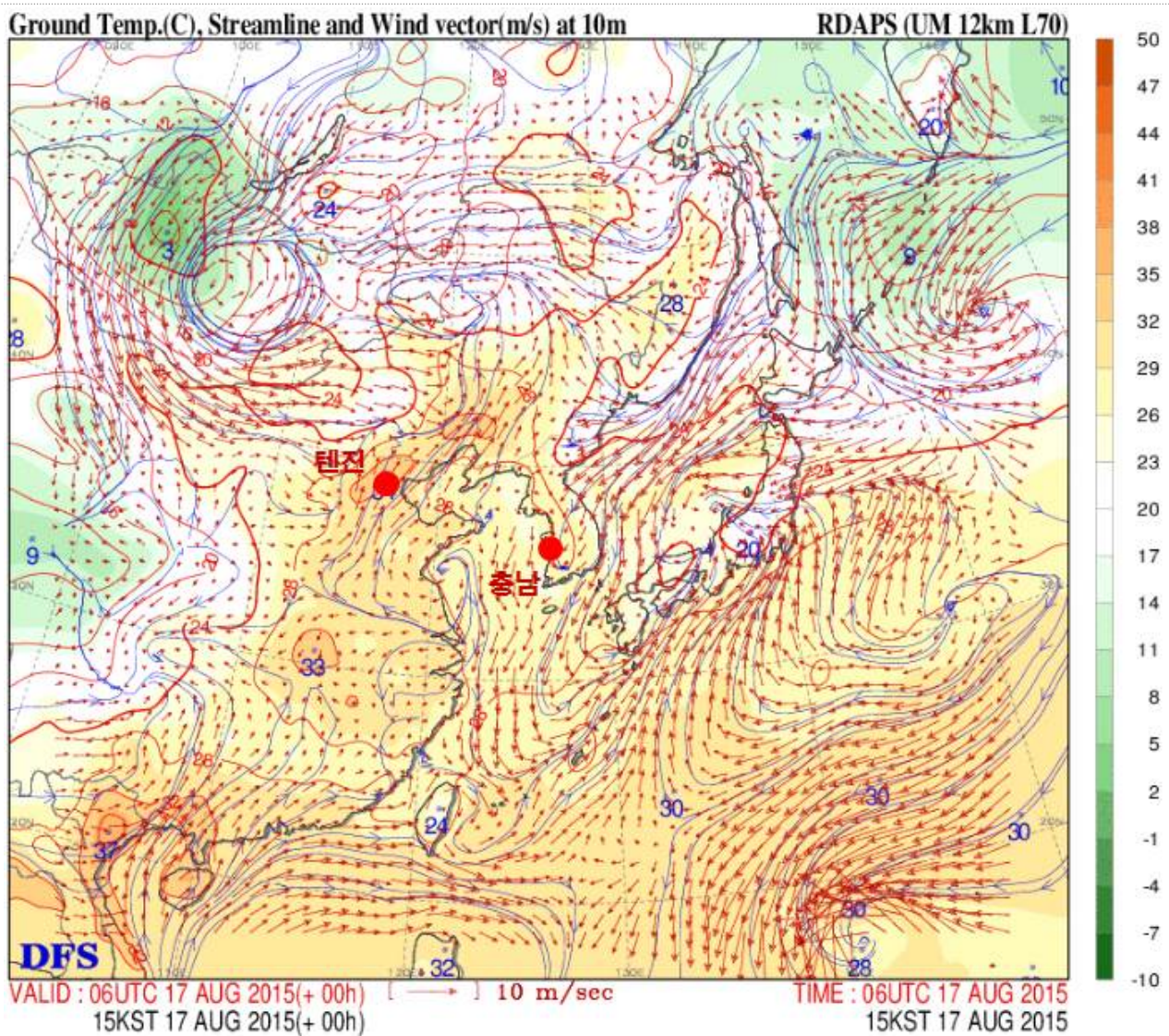
▶ 사고 후 4일 : `15.8.16 15:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도

Ground Temp.(C), Streamline and Wind vector(m/s) at 10m RDAPS (UM 12km L70)





▶ 사고 후 5일 : '15.8.17 15:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도

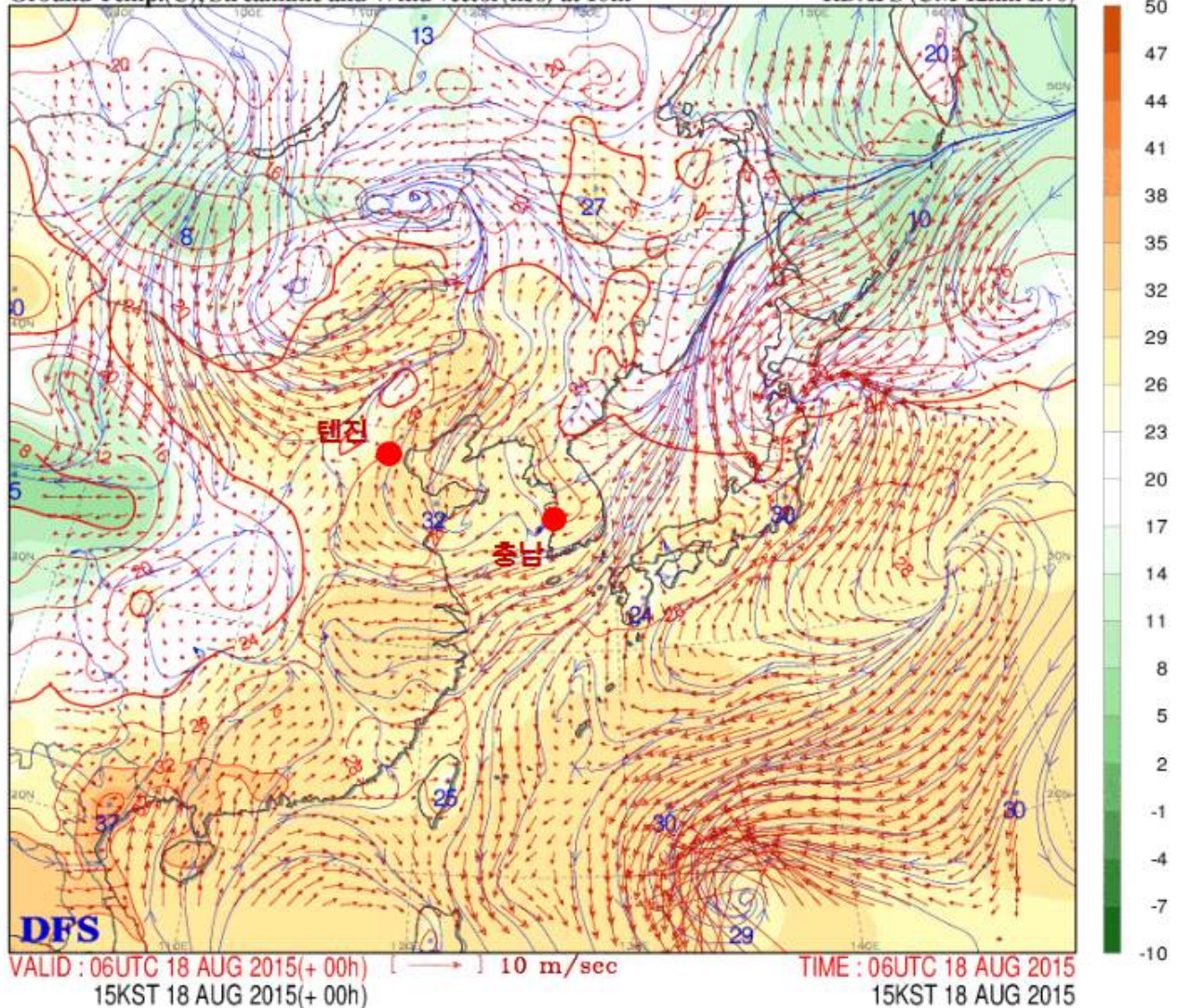




▶ 사고 후 6일 : `15.8.18 15:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도

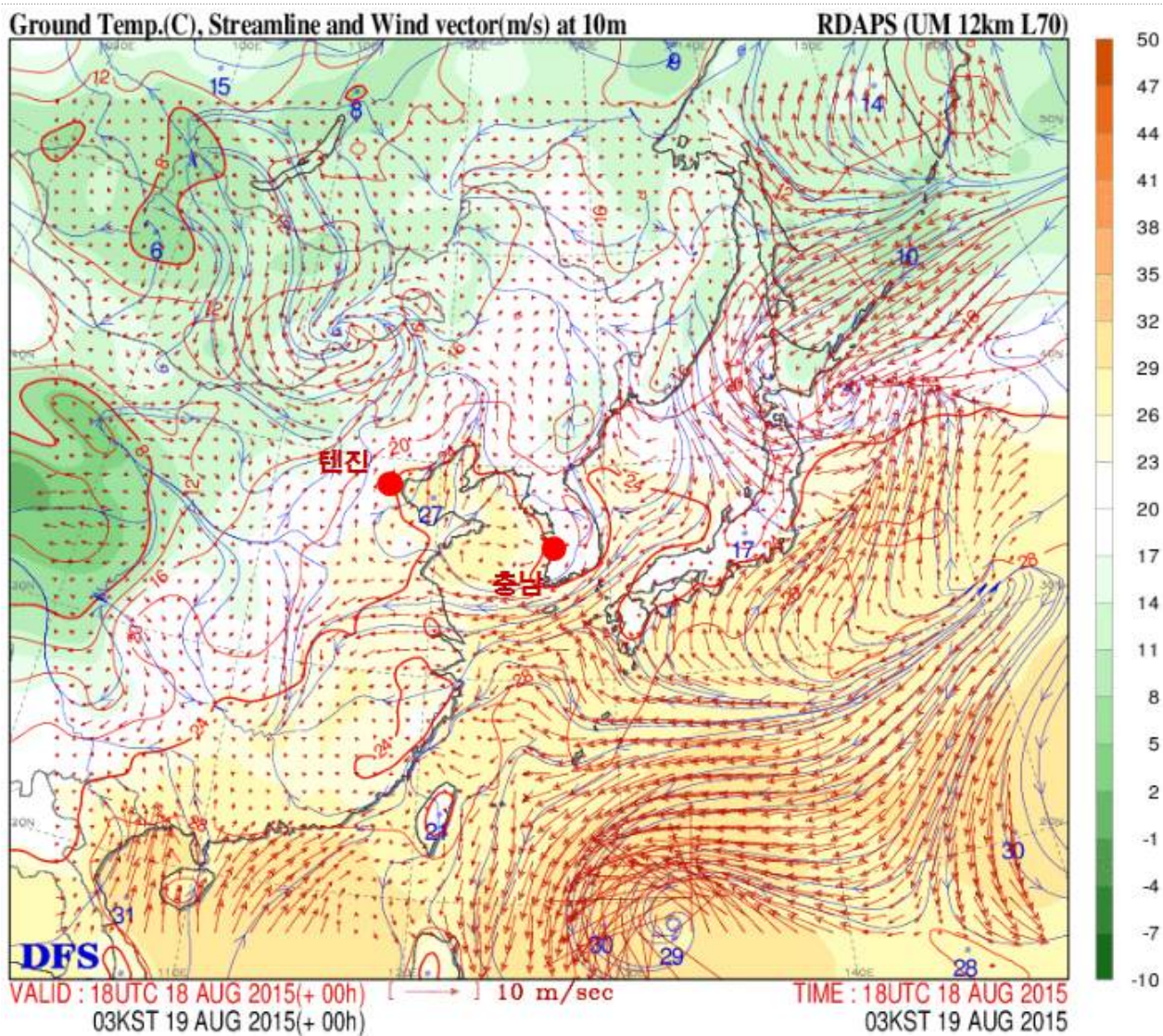
Ground Temp.(C), Streamline and Wind vector(m/s) at 10m

RDAPS (UM 12km L70)





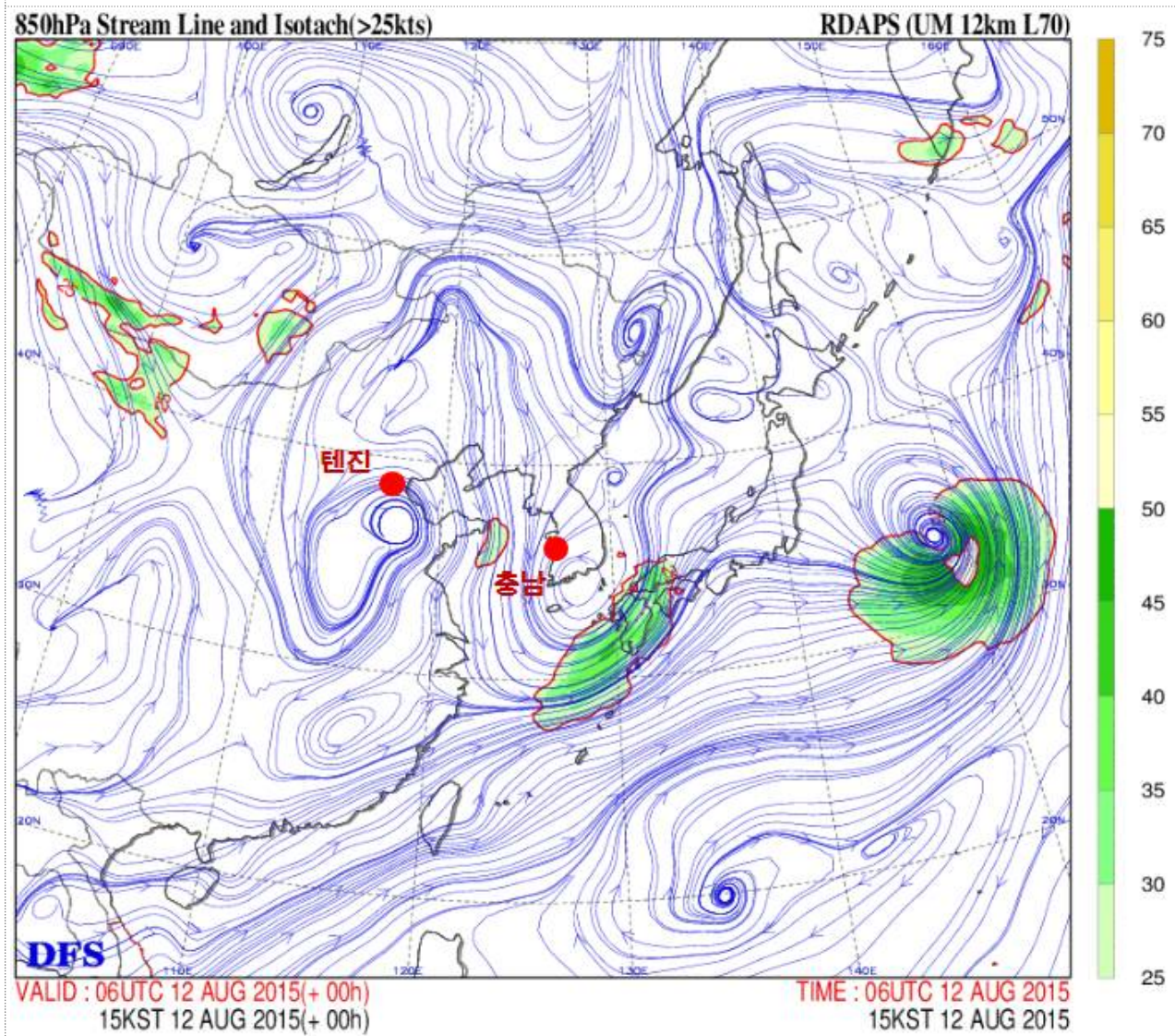
▶ 사고 후 7일 : '15.8.19 03:00의 지상10m 풍향·풍속 분포도





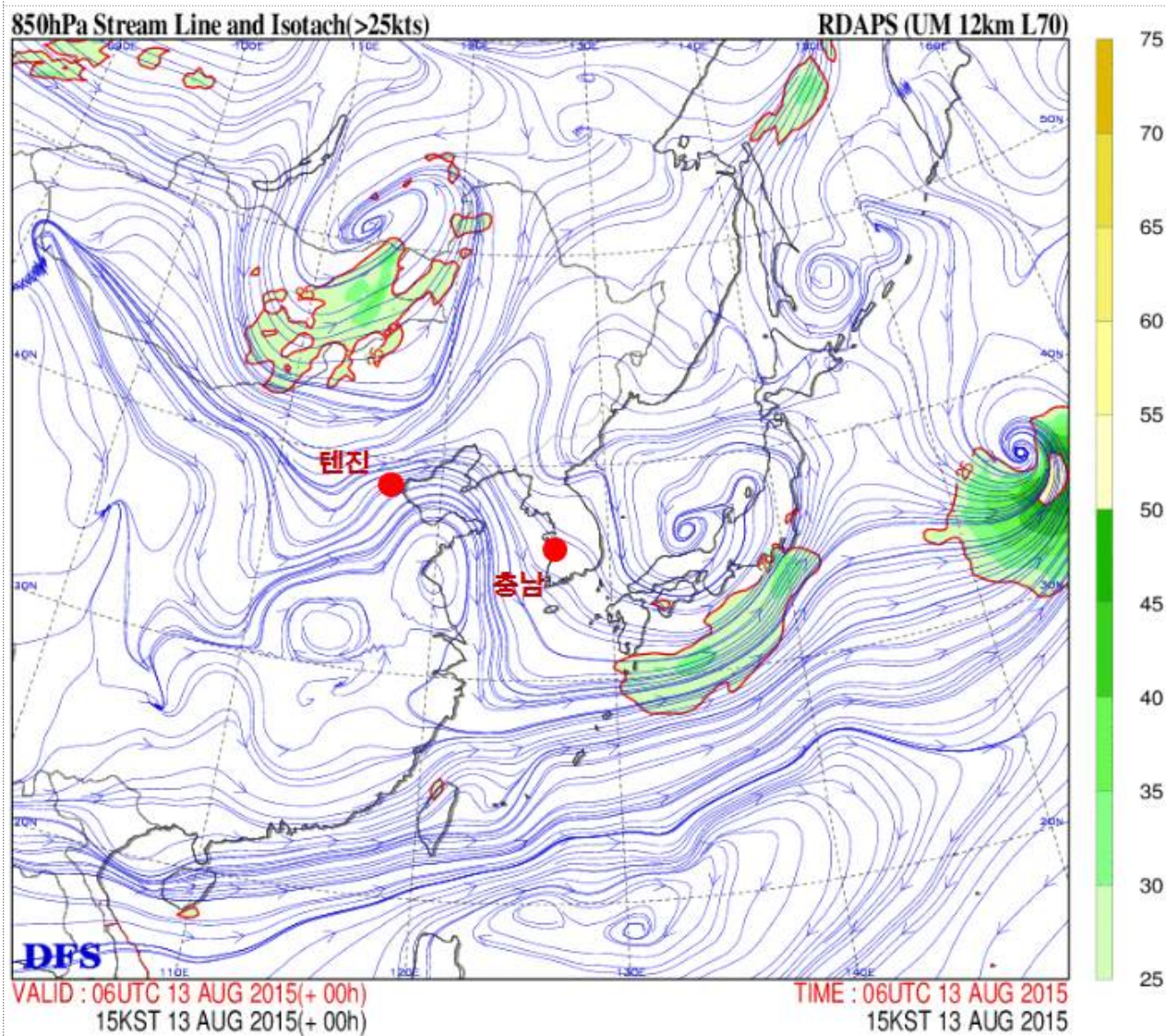
○ 기상청 일기도 : 850hPa(약 1.5km 내외) 유선, 풍속

▶ 텐진 폭발사고 당일 '15.8.12 15:00의 지상1.5km내외 유선,풍속



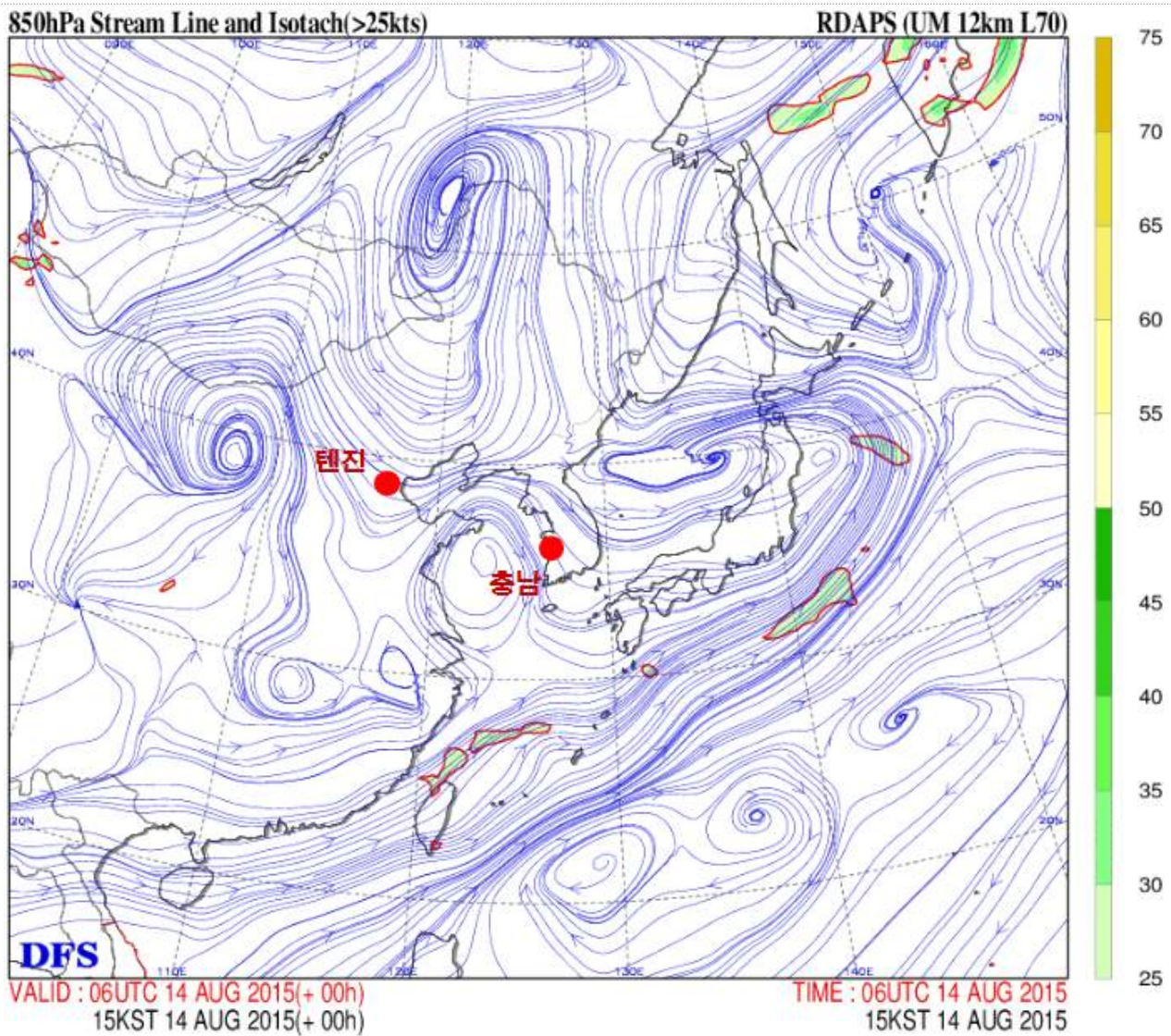


▶ 사고 후 1일 : '15.8.13 15:00의 지상1.5km내외 유선,풍속



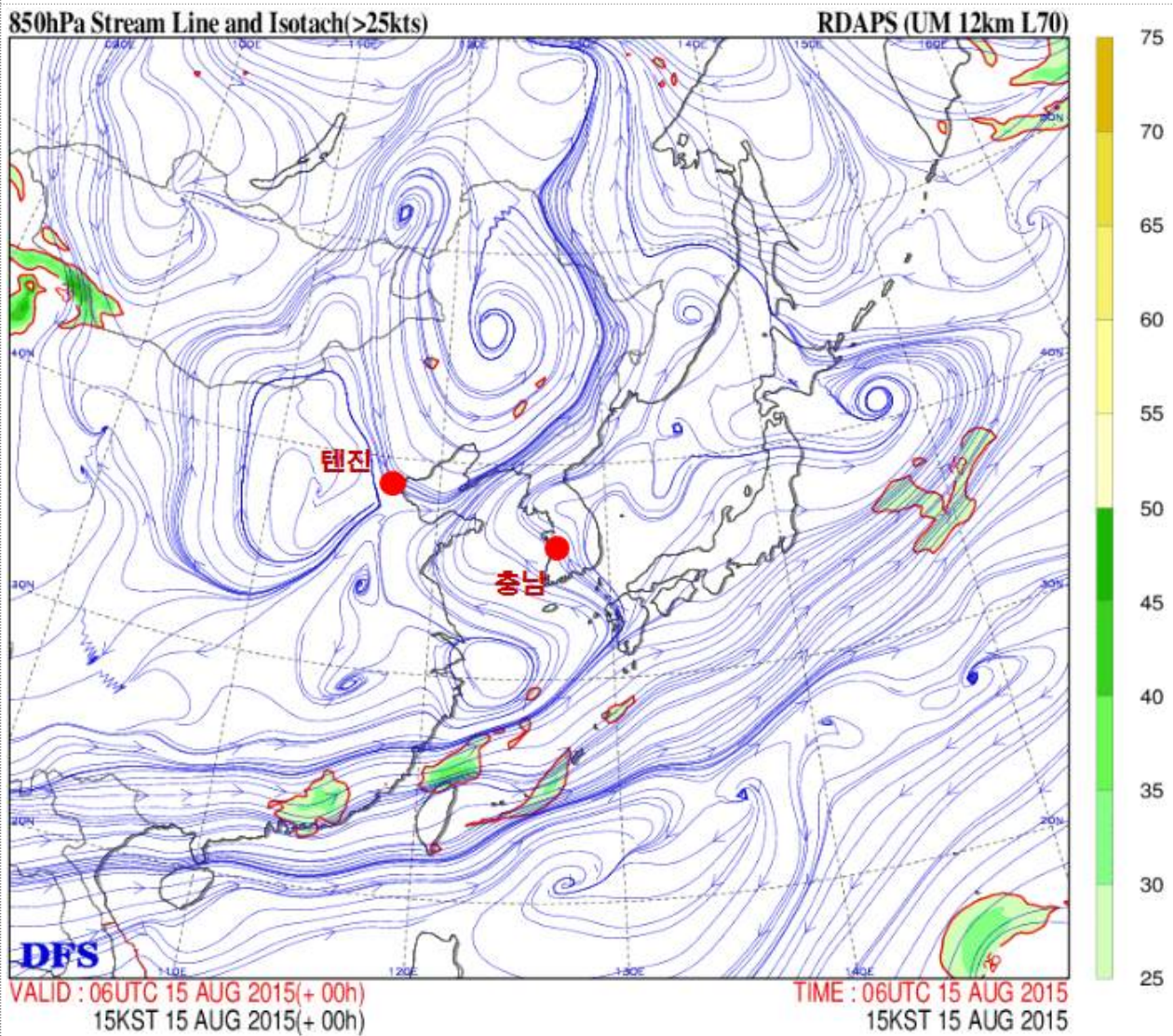


▶ 사고 후 2일 : `15.8.14 15:00의 지상1.5km내외 유선,풍속



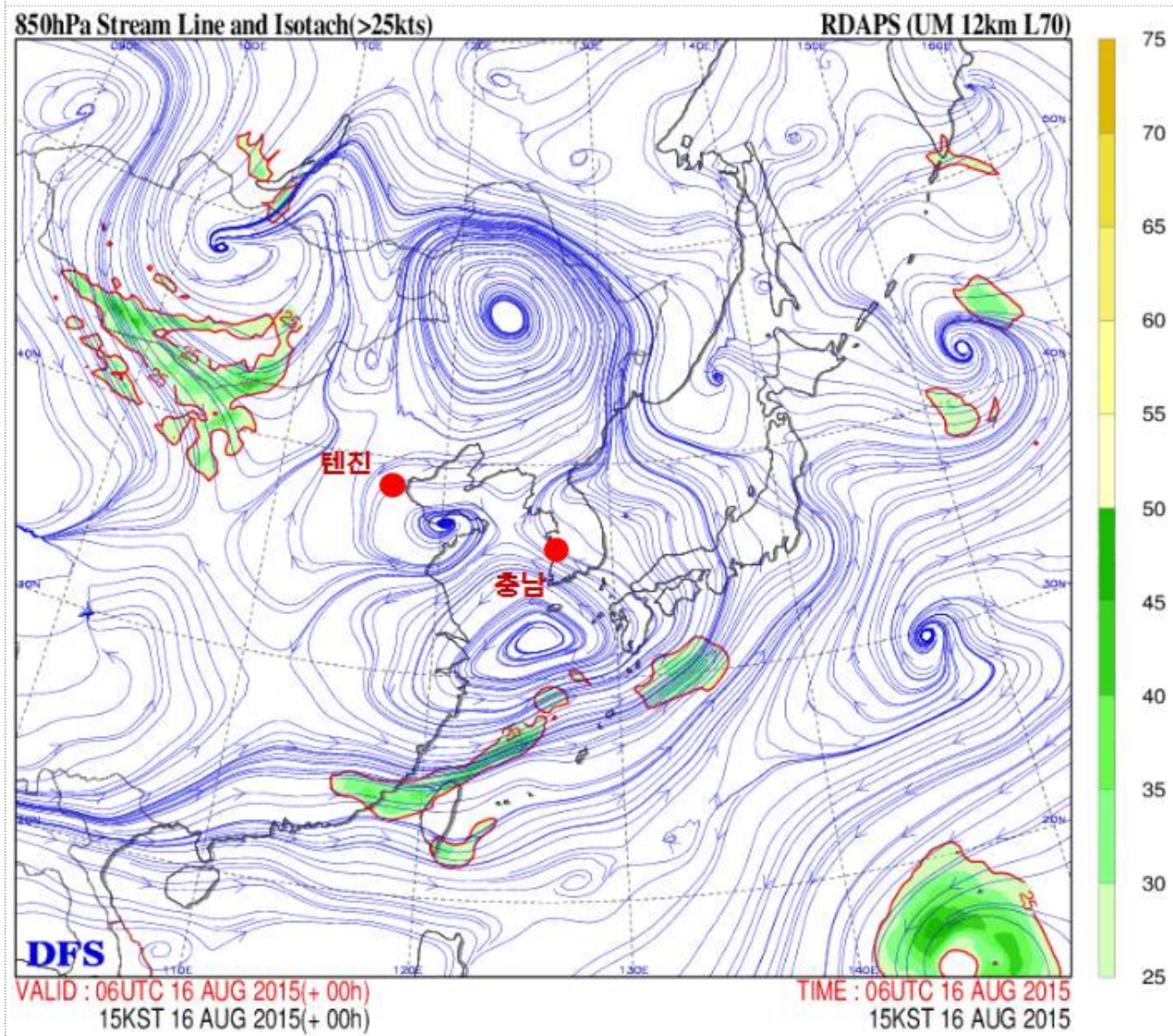


▶ 사고 후 3일 : `15.8.15 15:00의 지상1.5km내외 유선,풍속



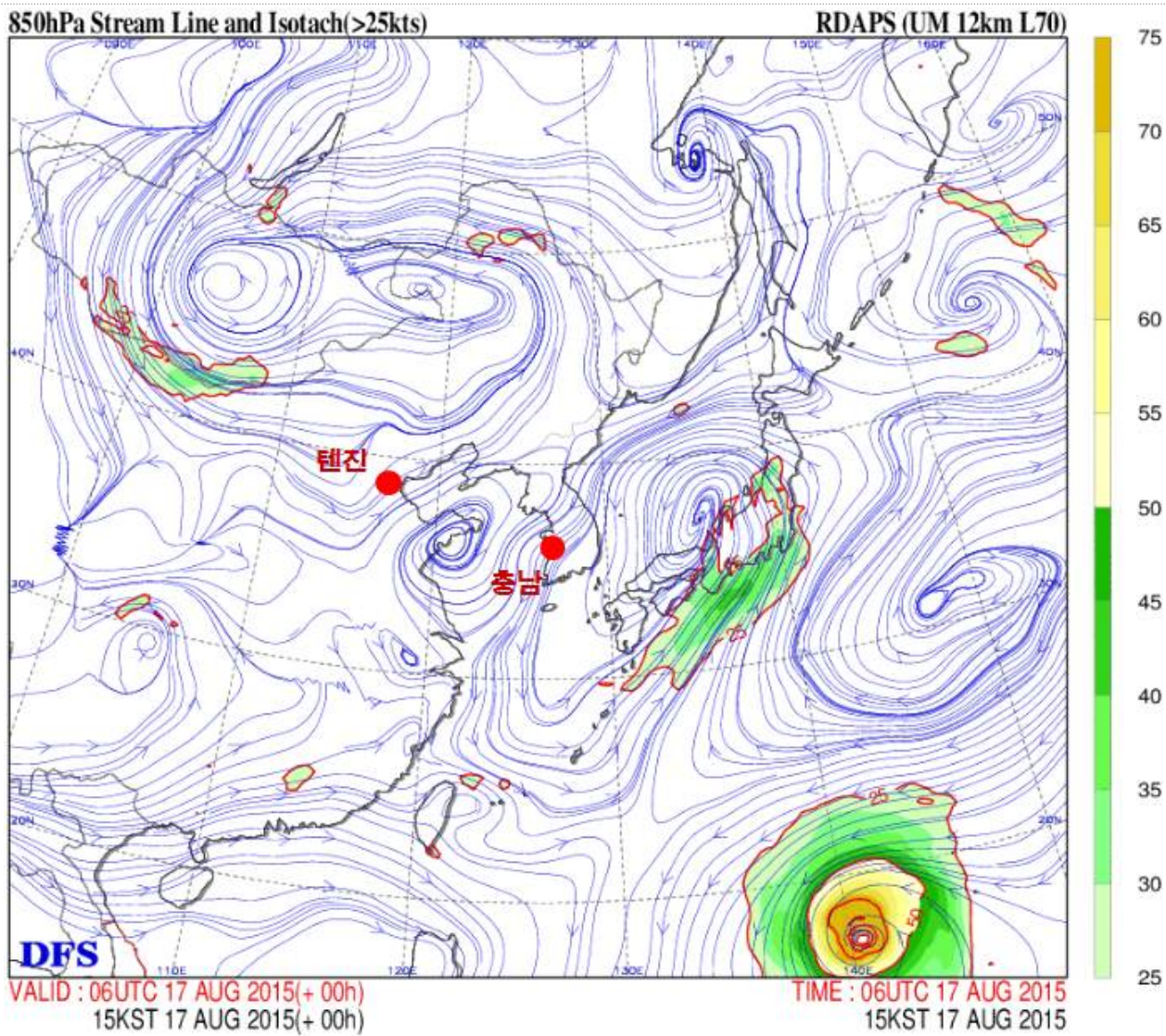


▶ 사고 후 4일 : `15.8.16 15:00의 지상1.5km내외 유선,풍속



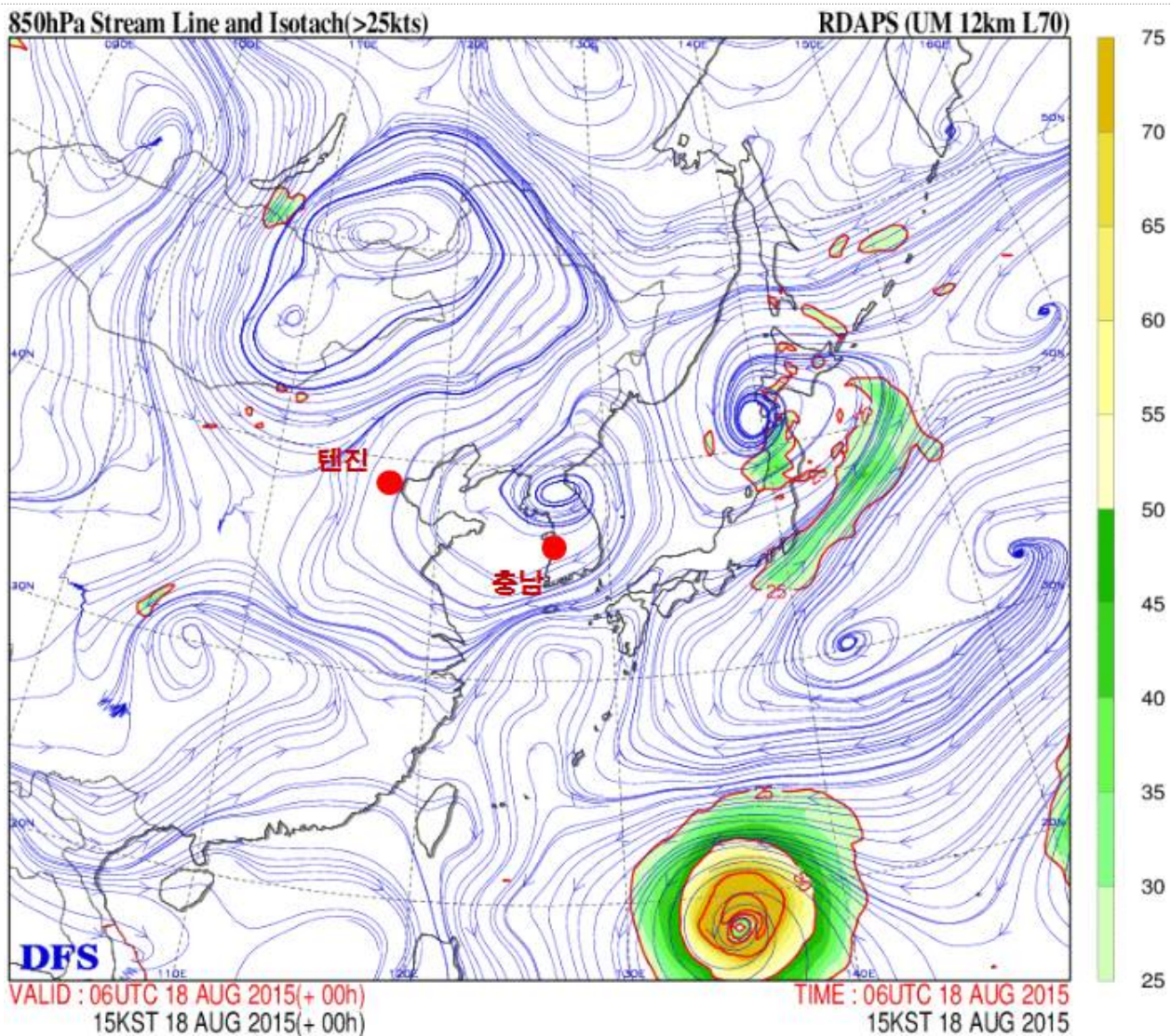


▶ 사고 후 5일 : `15.8.17 15:00의 지상1.5km내외 유선,풍속



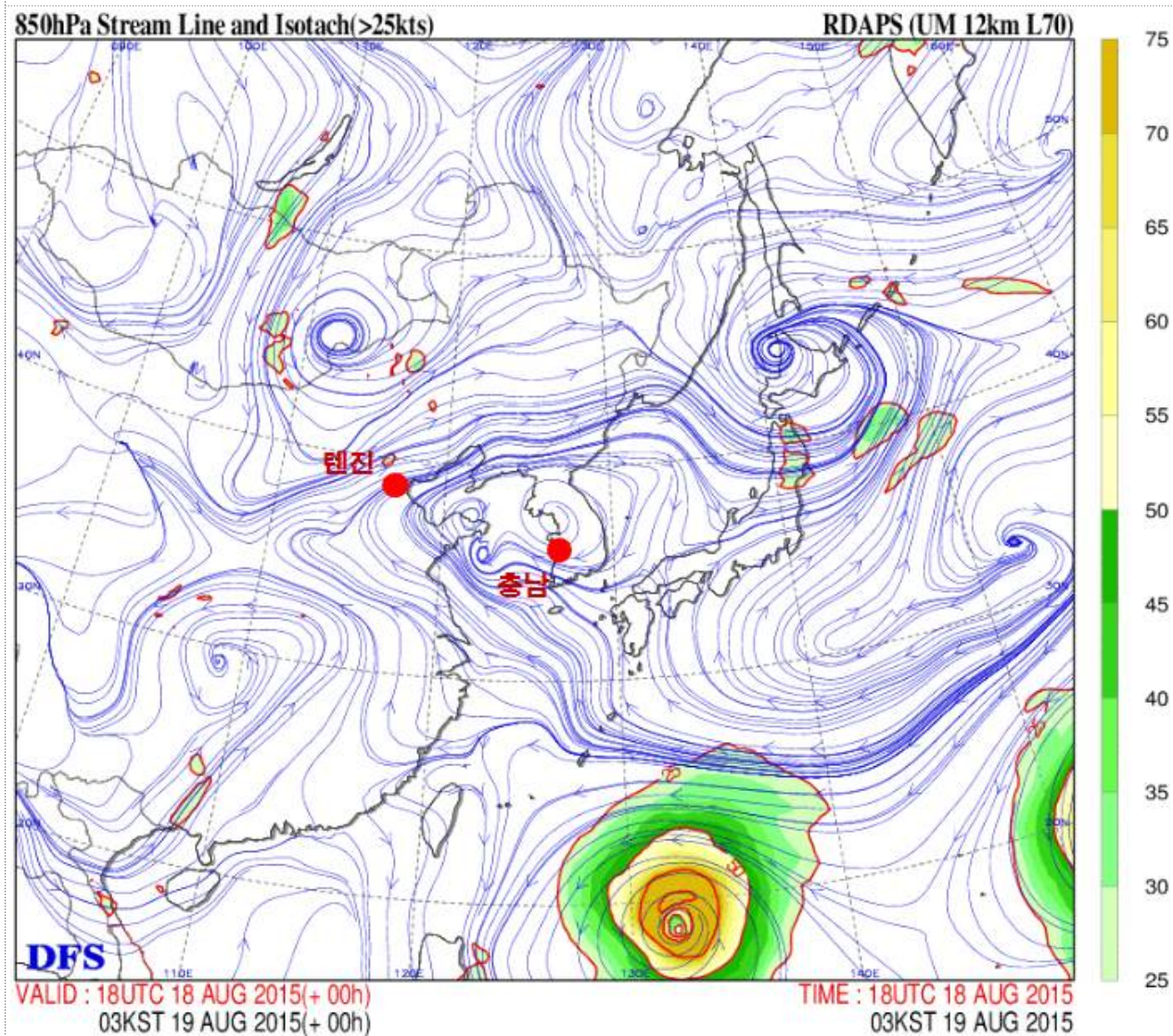


▶ 사고 후 6일 : `15.8.18 15:00의 지상1.5km내외 유선,풍속





▶ 사고 후 7일 : `15.8.19 03:00의 지상1.5km내외 유선,풍속



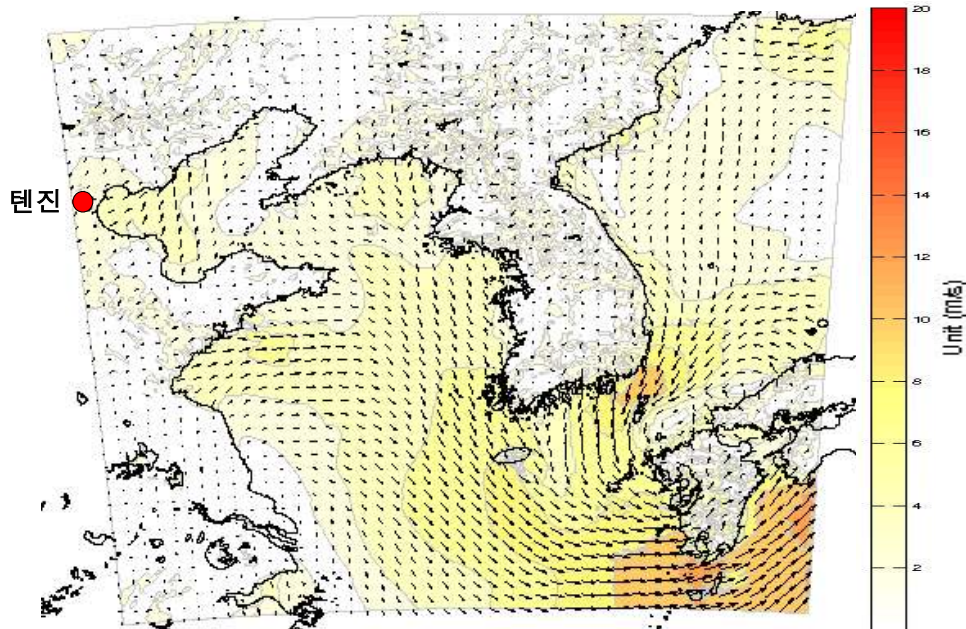


### 붙임3

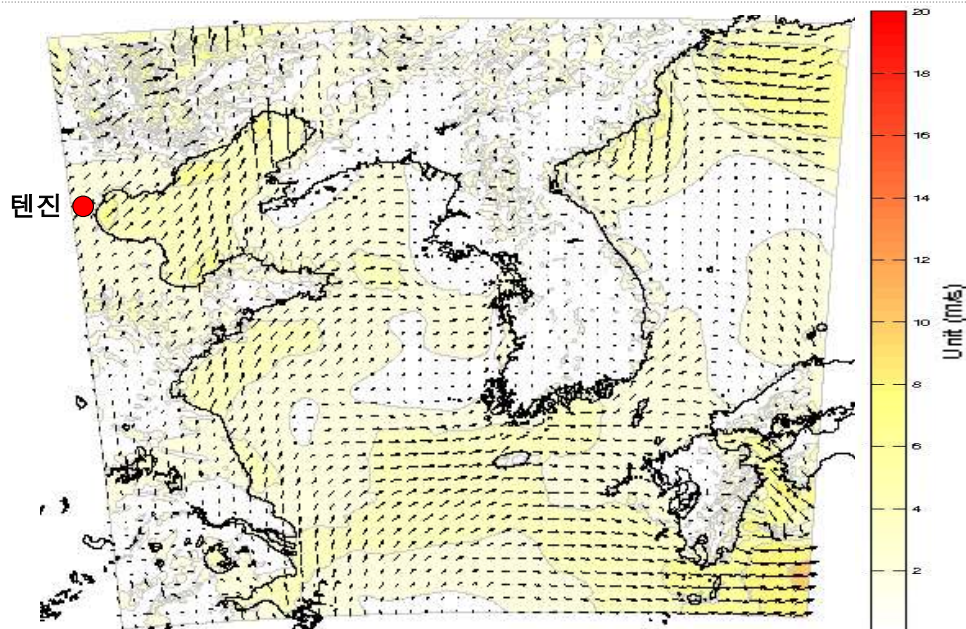
텐진 폭발사고 이후 8일간('15.8.13~20)의 풍향풍속 산출결과  
(한국해양과학기술원 연안재해·재난연구센터, 표면 바람)

○ 사고 이후 텐진 주변 지역의 바람방향은 남서풍 및 남풍 계열 우세추세가 지속됨( '15.8.13~20).

#### ▶ 텐진 폭발사고 다음날인 '15.8.13 00:00의 풍향·풍속 분포도

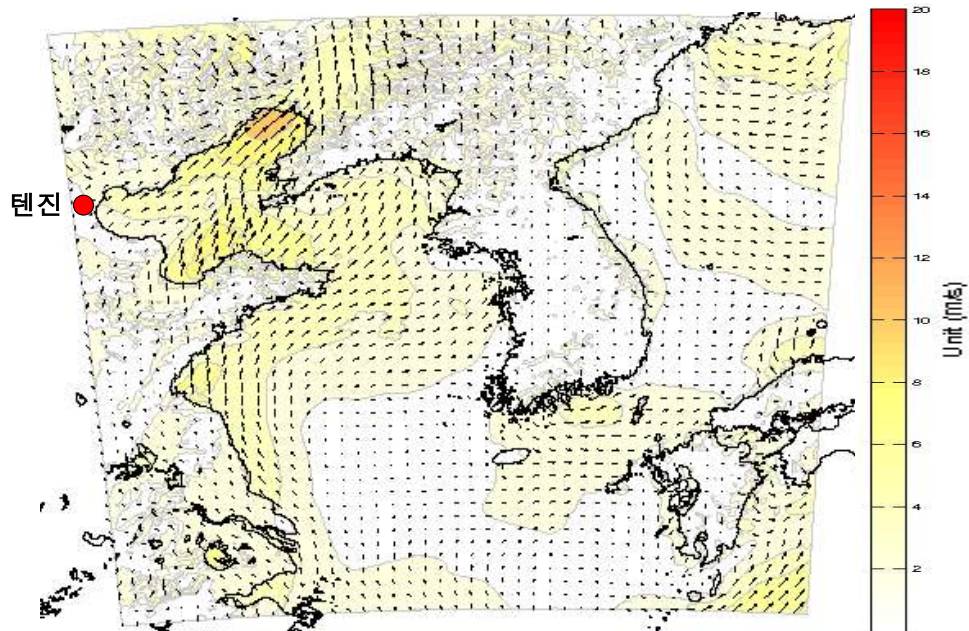


#### ▶ 텐진 폭발사고 3일차인 '15.8.14 00:00의 풍향·풍속 분포도

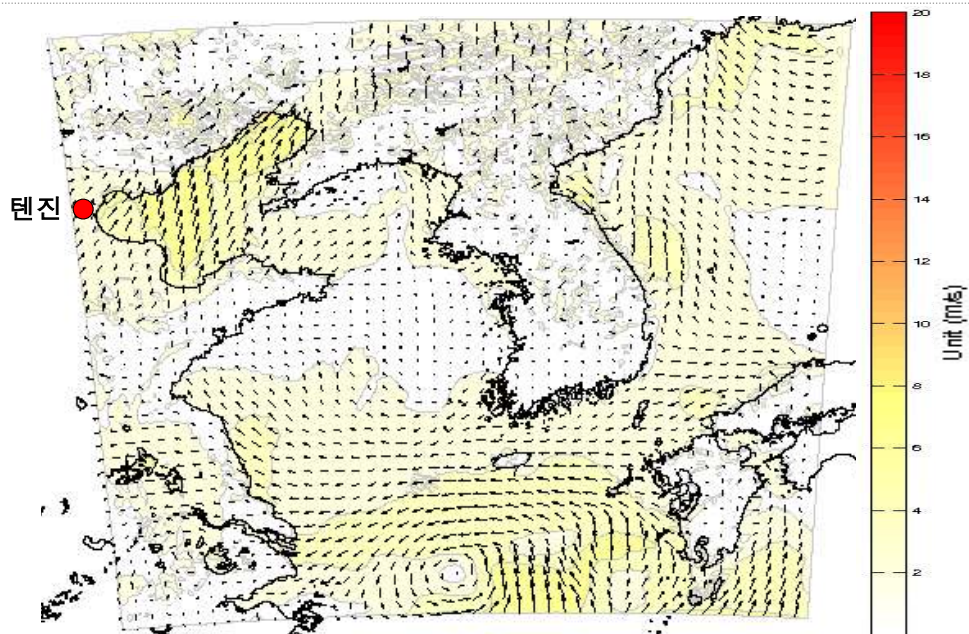




▶ 텐진 폭발사고 4일차인 '15.8.15 00:00의 풍향·풍속 분포도

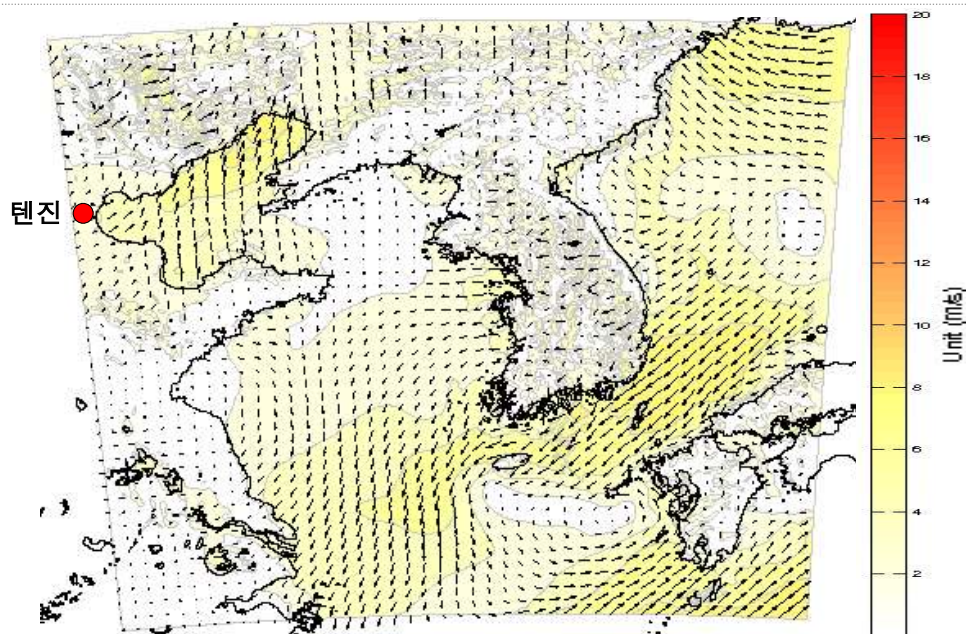


▶ 텐진 폭발사고 5일차인 '15.8.16 00:00의 풍향·풍속 분포도

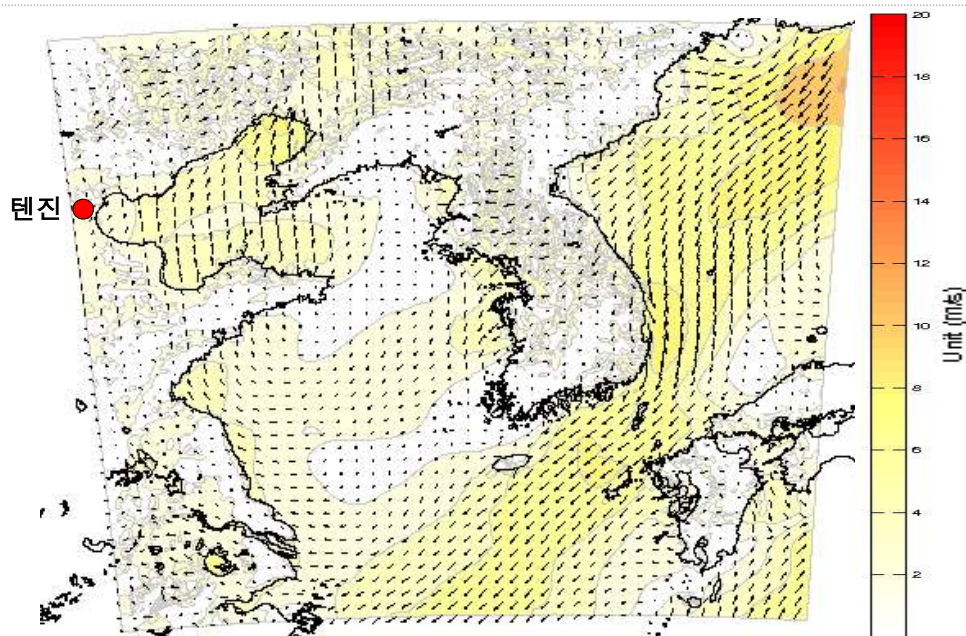




▶ 텐진 폭발사고 6일차인 '15.8.17 00:00의 풍향·풍속 분포도

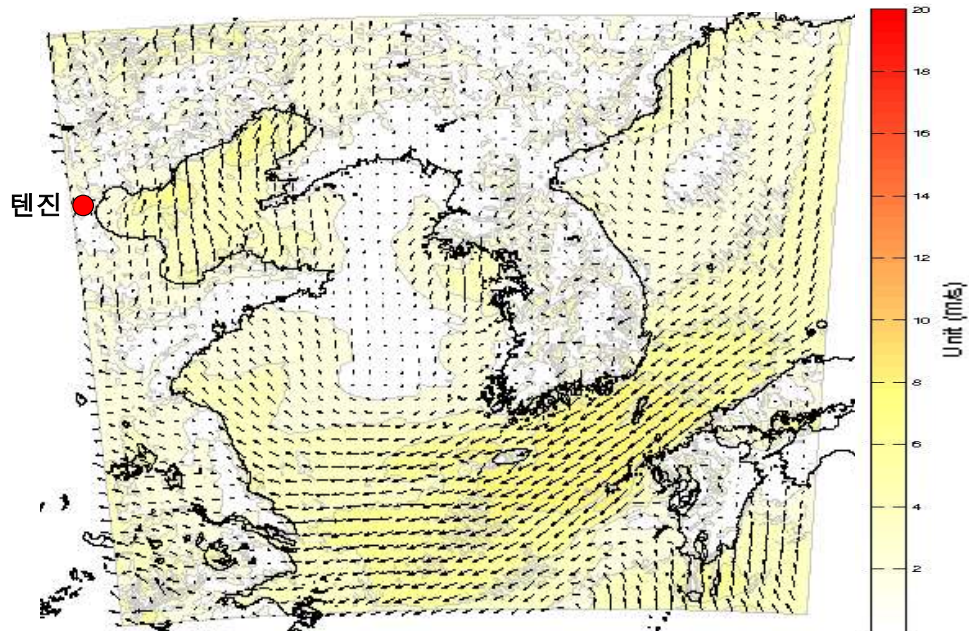


▶ 텐진 폭발사고 7일차인 '15.8.18 00:00의 풍향·풍속 분포도





▶ 텐진 폭발사고 8일차인 '15.8.19 00:00의 풍향·풍속 분포도



▶ 텐진 폭발사고 9일차인 '15.8.20 00:00의 풍향·풍속 분포도

