



# 태풍의 에너지 계산

5조 송찬우 이병환 이상화 신한솔

# 탐구 동기와 목표

## 1. 탐구 동기

대기열역학 수업을 들으면서, 에너지에 대한 정량적 해석을 해보면서 이를 실제 대기현상에 적용시켜보고자 하였다. 기상현상 중, 그 에너지가 크다고 생각되는 태풍에 대해서 본 탐구를 실시하였다.

## 2. 탐구 목표

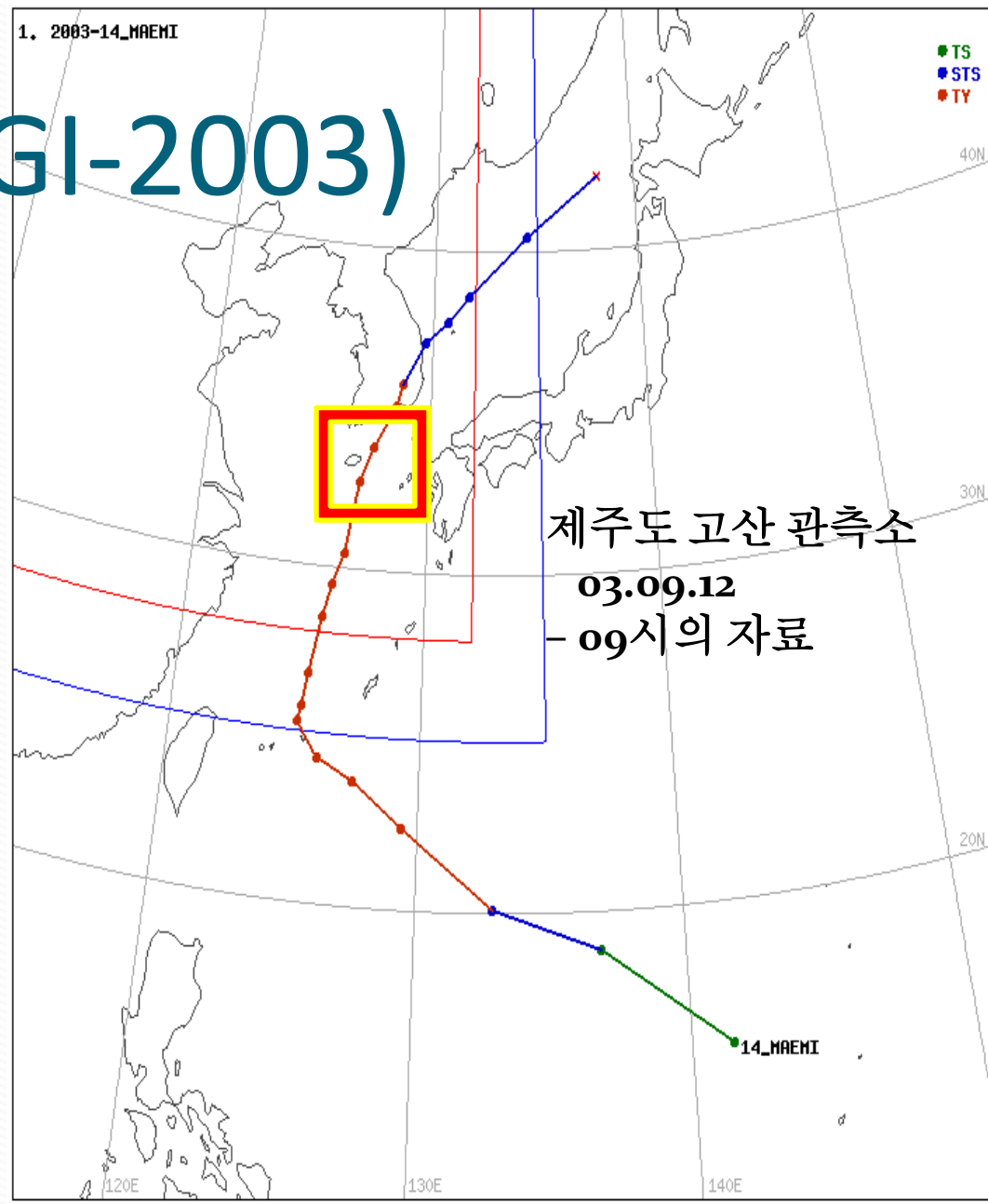
본 연구에서는 대기열역학 방정식을 사용하여 태풍의 에너지를 정량적으로 계산하는 것이다. 또한 에너지와 태풍의 피해와 연관지어서도 논의를 해보는 것이다.

# 1. 태풍의 선정 기준

1. 한국을 지난다
2. 한국 기상 관측소를 지난다
3. 충분히 발달된 시기에 도착한다.
4. 학과 도서관의 기상월보가 있는 시기에만 도착한다.

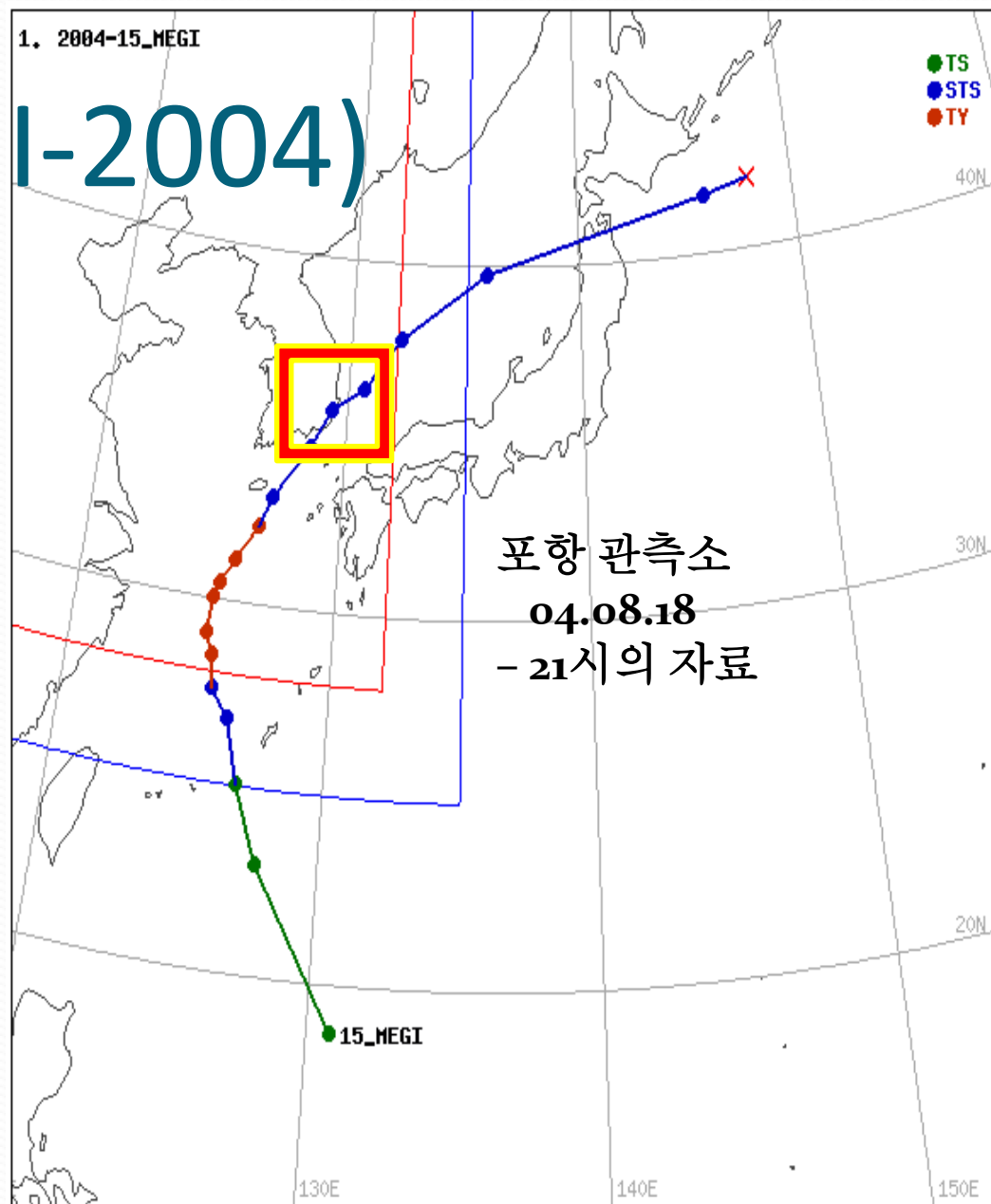
# ① 매미(MAEGI-2003)

- 2003년 9월 12일 한반도에 상륙
- 경상도를 중심을 막대한 피해
- 한국 기상관측 이래 가장 낮은 중심기압(950hpa)
- 인명피해 130명 / 재산피해 4조 2225억원



## ② 메기(MEGI-2004)

- 2004년 8월 18일 발생
- 경상북도 울릉군에  
큰 영향을 끼침
- 이재민은 20명  
재산피해는 2508억원





발간등록번호

11-1360000-000001-06

# 고 층 기 상 월 보

MONTHLY UPPER AIR REPORT

2004. 8.

기 상 청

KOREA METEOROLOGICAL ADMINISTRATION  
SEOUL, KOREA

## 기 온 과 습 도 의 유 의 고 도 TEMPERATURE AND HUMIDITY SIGNIFICANT LEVELS

47138 포항 POHANG

2004 년 8 월

날 짜 Date		17 일					
시 각 Time		00UTC			12UTC		
고 도 번 호 Level No.		기 압 P	기 온 T	이슬점 Td	기 압 P	기 온 T	이슬점 Td
1		1008	274	237	1007	288	244
2		919	216	146	993	264	221
3		890	214	164	757	132	116
4		798	174	104	628	59	17
5		717	120	30	607	42	-48
6		677	88	50	598	32	1
7		602	50	-60	565	10	-60
8		541	-7	-127	556	2	-22
9		520	-31	-131	539	-5	-95
10		511	-33	-213	525	-19	-89
11		502	-41	-131	488	-47	-247
12		490	-53	-153	472	-67	-247
13		487	-53	-233	463	-65	-205
14		407	-129	-299	425	-109	-199
15		376	-185	-335	413	-131	-174
16		337	-221	-461	403	-141	-169
17		209	-485	/	387	-145	-168
18		142	-663	/	302	-249	-308
19		108	-741	/	220	-447	/
20		100	-753	/	195	-507	/
21		99	-753	/	154	-635	/
22		69	-663	/	115	-731	/
23		65	-671	/	100	-729	/
24		50	-565	/	46	-573	/
25		46	-559	/	21	-491	/
26		39	-589	/	20	-499	/
27		25	-491	/	13	-429	/
28		21	-501	/	9	-459	/
29		16	-485	/	7	-363	-743
30		9	-377	/	5	-329	-719
31		8	-381	/	4	-315	-715
32							
33							
34							
35							

날 짜 Date	19 일					
1	979	250	248	1007	240	21
2	791	166	161	1002	236	17
3	586	72	/	941	190	16
4	582	72	/	769	108	9
5	505	-3	/	768	/	/
6	392	-79	-84	695	72	4
7	316	-167	-178	678	48	2
8	245	-295	-324	657	74	3
9	244	/	/	634	56	/
10	114	-743	/	620	54	-9
11	100	-793	/	616	62	-28
12	98	-797	/	524	-3	-40
13	96	-753	/	483	-61	-34
14	89	-721	/	451	-83	-55
15	83	-739	/	384	-189	-62
16	78	-691	/	298	-299	-69
17	73	-703	/	233	-383	-75
18	61	-637	/	205	-453	/
19	16	-467	/	179	-535	/
20	14	-471	/	156	-605	/
21	12	-445	/	143	-635	/
22				110	-755	/
23				96	-689	/
24				85	-711	/
25				71	-699	/
26				68	-661	/
27				65	-651	/
28				58	-617	/
29				39	-565	/
30				33	-579	/
31				16	-435	/
32				14	-443	/
33						
34						
35						

날 짜 Date	18 일					
	00UTC			12UTC		
	기압 P	기온 T	이슬점 Td	기압 P	기온 T	이슬점 Td
1007	953	250	1004	214	229	
953	216	213	964	203	205	
943	216	208	954	210	198	
939	234	227	955	194	/	
941	134	/	804	166	155	
909	98	/	763	136	128	
896	106	/	722	128	89	
864	73	/	636	56	52	
801	39	42	624	62	52	
491	-115	-131	608	50	17	
379	-153	-173	578	30	/	
304	-261	-292	507	-35	/	
271	-315	-356	464	-61	-64	
180	-861	/	445	-91	-124	
137	-701	/	442	-95	-125	
131	-667	/	412	-113	-121	
100	-747	/	277	-301	-330	
99	-707	/	254	-343	-382	
87	-733	/	237	-381	-431	
80	-673	/	192	-499	/	
72	-695	/	135	-707	/	
64	-637	/	122	-755	/	
32	-499	/	119	-695	/	
17	-487	/	109	-685	/	
			100	-719	/	
			94	-737	/	
			78	-695	/	

20 일					
1013	226	186	1013	208	18
1009	222	142	930	150	13
899	132	116	890	162	12
880	142	126	680	46	2
861	128	112	664	64	-24
822	130	114	657	68	-28
749	80	31	612	44	-32
658	18	0	571	20	-17
652	30	-170	510	-49	-16
631	54	-156	493	-61	-10
598	44	-216	470	-77	-13
471	-87	-197	432	-129	-16
454	-97	-507	409	-155	-18
429	-123	-283	370	-199	-22
420	-123	-353	364	-195	-23
409	-135	-595	319	-259	-33
365	-207	-587	263	-379	-42
328	-281	-381	188	-565	/
243	-437	/	168	-587	/
227	-457	/	115	-711	/
186	-573	/	100	-699	/
182	-549	/	95	-659	/
162	-599	/	89	-613	/
134	-627	/	57	-613	/
116	-699	/	21	-467	/
100	-693	/	15	-467	/
66	-659	/	15	-451	/
62	-623	/	14	-453	/
60	-633	/			
45	-565	/			
28	-555	/			
19	-455	/			
14	-431	/			
11	-409	/			

# 계산에 사용된 가정들

1. 태풍의 모양과 범위가 원통형이며, 그 반지름은 강풍반경으로 설정하였다.
2. 태풍의 높이는 고층일기도에서 등압선이 원형으로 나오는 고도를 사용하였다. 이 고도는 약 7.2km였다.
3. 각 압력고도 사이의 밀도는 일정하다.
4. 각 기압에 해당하는 고도를 산정하는 기준은, 압력선도에 나타나 있는 것이다.\
5. 태풍의 운동에너지는 고하지 않았다.  
(참고 논문에 따르면 전체 태풍 에너지의 1/12000 보다 작은 값이 운동에너지이다.)

### 3. 계산방법

1) 혼합비(교과서)  
CC-equation에  
T&T<sub>dew</sub>를 대입하였다.

$$e_{si} = 6.11 \exp \left( 26.16 - \frac{6293}{T} - 0.555 \ln T \right)$$
$$e_{sw} = 6.11 \exp \left( 53.49 - \frac{6808}{T} - 5.09 \ln T \right)$$

2) 밀도(참고 문헌)

$$\rho = -mz + \rho_s$$

$$\rho_s = 1.23 \times 10^{-3} g/cm^3, \quad m = 9.2 \times 10^{-10} g/cm^4$$

(미국 표준 대기밀도)



### 3) 잠열(교과서)

$$l_s = l_{s0} + (c_{pv} - c_{pi})(T - T_0)$$

$$l_f = l_{f0} + (c_{pw} - c_{pi})(T - T_0)$$

$$l_v = l_{v0} + (c_{pv} - c_{pw})(T - T_0)$$

### 4) 현열(참고 문헌)

건조 공기의 정압 비열  $C_p = 0.2399 \text{ cal g}^{-1} \text{ deg}^{-1}$ 이고, 수증기의 경우는 정압 비열  $C_p' = 0.445 \text{ cal g}^{-1} \text{ deg}^{-1}$ 이다. 태풍의 현열  $E_s$ 는

$$E_s = m_d C_p T + m_w C_p' T \quad (16)$$

## 5) 위치에너지(참고 문헌)

지상  $z$ 의 높이에 있는 단위 질량의 물체가 갖는 potential energy를  $\Psi$ 라고 하면,

$$\Psi = \int_0^z g \, dz = \int_0^z g_0 \frac{a^2}{(a+z)^2} dz = g_0 z / (1 + \frac{z}{a}) \doteq g_0 z$$

( $g$ =geo-potential,  $a$ =radius of Earth)

# 4. 계산 결과-매미

압력	온도	이슬점	고도	온도k	이슬점k	e	혼합비(g/kg)	밀도(g/m³)	질량(kg)	수증기량(kg)	건조공기(kg)	현열(J)	잠열(J)	위치에너지
994	23.8	22.6	150	296.8	295.6	27.43328	17.65373	1216.2	1.10956E+14	1.96E+12	1.09E+14	3.36822E+19	4.78658E+18	1.63106E+17
971	25.2	20.7	400	298.2	293.7	24.4245	16.04947	1193.2	1.8143E+14	2.91E+12	1.79E+14	5.52604E+19	7.10587E+18	7.11205E+17
919	23.6	19.1	800	296.6	292.1	22.11863	15.33959	1156.4	2.81335E+14	4.32E+12	2.77E+14	8.5179E+19	1.05477E+19	2.20566E+18
868	19.6	18.3	1300	292.6	291.3	21.03887	15.45074	1110.4	3.37679E+14	5.22E+12	3.32E+14	1.00869E+20	1.28013E+19	4.30204E+18
729	11.2	10.3	2700	284.2	283.3	12.53026	10.87809	981.6	8.3583E+14	9.09E+12	8.27E+14	2.41569E+20	2.24894E+19	2.21161E+19
691	10.8	10	3200	283.8	283	12.28114	11.25484	935.6	2.84522E+14	3.2E+12	2.81E+14	8.21422E+19	7.92372E+18	8.9226E+18
670	6.8	5.7	3400	279.8	278.7	9.159896	8.621534	917.2	1.1157E+14	9.62E+11	1.11E+14	3.16859E+19	2.38928E+18	3.71753E+18
555	1.2	-3.1	4800	274.2	269.9	4.697193	5.309176	788.4	6.7132E+14	3.56E+12	6.68E+14	1.86549E+20	1.01015E+19	3.15789E+19
520	-2.9	-5.1	5300	270.1	267.9	4.183864	5.045138	742.4	2.25768E+14	1.14E+12	2.25E+14	6.17815E+19	3.22943E+18	1.17264E+19
469	-6.5	-8.8	6100	266.5	264.2	3.146007	4.200492	668.8	3.25418E+14	1.37E+12	3.24E+14	8.77829E+19	3.8768E+18	1.94535E+19
399	-13.3	-16.8	7250	259.7	256.2	1.645441	2.575696	563	3.93787E+14	1.01E+12	3.93E+14	1.03332E+20	2.87842E+18	2.79786E+19
												1.06983E+21	8.81301E+19	1.32876E+20

# 4. 계산 결과-메기

기압	기온	이슬점	고도	온도k	이슬점k	e	혼합비(g/kg)	밀도(g/m^3)	질량(kg)	수증기량k	건조공기k	현열(J)	잠열(J)	위치에너지(J)
1004	23.4	22.9	100	296.4	295.9	27.93678	17.80282005	1220.8	8.83643E+13	1.57E+12	8.68E+13	2.67914E+19	3.84567E+18	8.66E+16
964	20.2	20	450	293.2	293	23.39105	15.46788466	1188.6	3.87151E+14	5.99E+12	3.81E+14	1.15886E+20	1.46846E+19	1.33E+18
954	21	19.8	550	294	292.8	23.10289	15.43671863	1179.4	4.69522E+14	7.25E+12	4.62E+14	1.40921E+20	1.77593E+19	4.6E+17
895	19.4	17.65	1050	292.4	290.65	20.19582	14.35955557	1133.4	8.614E+14	1.24E+13	8.49E+14	2.56898E+20	3.03551E+19	4.22E+18
804	16.6	15.5	1950	289.6	288.5	17.61425	13.93217842	1050.6	1.48287E+15	2.07E+13	1.46E+15	4.37849E+20	5.08371E+19	1.31E+19
763	13.6	12.8	2400	286.6	285.8	14.78533	12.2912246	1009.2	1.75316E+15	2.15E+13	1.73E+15	5.11583E+20	5.31772E+19	7.73E+18
722	12.8	8.9	2800	285.8	281.9	11.4046	9.982704131	972.4	1.97077E+15	1.97E+13	1.95E+15	5.72358E+20	4.85877E+19	7.73E+18
636	5.6	5.2	3800	278.6	278.2	8.84694	8.774247878	880.4	2.42156E+15	2.12E+13	2.4E+15	6.84861E+20	5.28368E+19	2.37E+19
624	6.2	5.2	3900	279.2	278.2	8.84694	8.945410116	871.2	2.45932E+15	2.2E+13	2.44E+15	6.97138E+20	5.4676E+19	2.41E+18
608	5	1.7	4100	278	274.7	6.908258	7.148553962	852.8	2.53083E+15	1.81E+13	2.51E+15	7.13237E+20	4.50153E+19	4.96E+18
578	3	-1	4500	276	272	5.599499	6.084705851	816	2.65788E+15	1.62E+13	2.64E+15	7.44056E+20	4.04186E+19	1.04E+19
507	-3.5	-3.7	5400	269.5	269.3	4.464924	5.526346389	733.2	2.86582E+15	1.58E+13	2.85E+15	7.82898E+20	3.96079E+19	2.53E+19
464	-6.1	-6.4	6100	266.9	266.6	3.543747	4.787014454	668.8	2.95297E+15	1.41E+13	2.94E+15	7.98281E+20	3.53618E+19	2.03E+19
445	-9.1	-12.4	6500	263.9	260.6	2.084126	2.926800045	632	2.97346E+15	8.7E+12	2.96E+15	7.93178E+20	2.17771E+19	1.17E+19
412	-11.3	-12.1	7100	261.7	260.9	2.141439	3.249840674	576.8	2.96426E+15	9.63E+12	2.95E+15	7.84406E+20	2.41113E+19	1.74E+19
												8.06034E+21	5.33051E+20	1.51E+20

## 4. 계산결과

	매미	메기	메기/매미
위치 에너지	1.32	1.51	1.14
현열	10.7	80.6	7.54
잠열	0.88	5.33	6.06

단위 :  $10^{20}$  J

## 5. 결과 분석 및 논의

	현열	잠열	위치에너지
매미	100	8.2	12.4
메기	100	6.6	1.8

매미에서 잠열의 비율이 조금 더 높았으며  
위치에너지의 비율은 6배 이상 높았다.



# - 태풍의 피해와 에너지를 연관 지어보기

- 지금까지 살펴본 결과 매미보다는 메기의 에너지가 모든 부분에서 높았다. 특히 현열과 잠열의 경우는 앞도적으로 높은 에너지를 가지고 있었다.
- 그러나 매미가 메기보다 훨씬 큰 피해를 끼쳤다.
- 그 이유는 메기는 한반도의 오른쪽을 스쳐 지나갔고 매미는 한반도를 통과했기 때문인 것으로 추측된다.  
(위험반원과 가항반원을 생각해보자.)

## 6. 연구의 한계

1. 데이터가 부족해서(특히 태풍 내부), 태풍의 운동에너지를 계산하지 못했다.
2. 두 태풍을 계산할 때 쓰인 관측소의 위치가 달랐다.
3. 여러 태풍을 계산하지 못하고, 두 개의 태풍만을 분석했다.
4. 태풍의 에너지의 분포를 설명하지 못한다.

# 참고자료

1. Introduction to the atmospheric thermodynamics
2. 고층기상월보 2003. 9. - 기상청
3. 고층기상월보 2004. 8. - 기상청
4. 태풍 로빈의 운동, 위치에너지 및 잠열, 현열의 전 에너지 평가, 1996, 소신섭 외 2 인.
5. 국가태풍센터의 사진자료