

平成24年3月5日
ヤマセ研究会 仙台

仙台管区気象台における ヤマセ研究の系譜 2

仙台管区気象台気候・調査課
須田卓夫

仙台管区気象台の ヤマセ研究の系譜

季節予報技術検討会
・大循環やブロッキング

昆（1984）の研究 仙台管区気象台予報課（1985）が東北技術だよりで紹介
（北日本太平洋沿岸地方における海霧と山背風に関する研究成果報告）

- ・ヤマセ日を定義
- ・ヤマセの地上天気図パターンを分類
- ・ヤマセの立体構造（500hPa・850hPa・地上天気図、鉛直断面図）

冷たい海で冷やされた東風

地上気象観測
アメダス
高層観測

ヤマセ、ヤマセ日の定義
ex. 2地点間の気圧差

ヤマセの年々変動
冷害の特徴

牛来（1990）の研究

- ・高風丸臨時観測の実現、1989年東大海洋研主催のシンポジウム
- ・ヤマセの中で何が起きているか、現象を理解しようとした

海面で冷やされる東風、海面から顕熱と水蒸気を補給し変質した寒気の東風

新しい観測データ
WPR、衛星、・・・
NHMを使える環境

高風丸の海上高層観測
NHMによる数値実験

ヤマセの立体構造
ヤマセの変質過程

古川と伊藤（1996）の研究「岩手県の稲作と気温」

研究の概要

□明治15（1882）年以降のデータ

- ◆ 水稲収量に安定期と変動期があり
- ◆ これらは宮古の7～8月の気温の変動幅と対応している

□大正13（1924）年以降のデータ

- ◆ 盛岡の夏期気温（6・9月平均に0.5の重みを付け6～9月平均）と収量とは関係がある

○昭和50（1975）年～平成6（1994）年の20年間のデータ

最近の変動期

- ◆ 岩手県内の収量や気温の変動が大きい地域を示し
- ◆ 県平均収量を盛岡の夏期月平均気温を用いて推定した
- ◆ 低温の度合いと時期によって収量の変動することを示した

古川と伊藤（1996）の研究

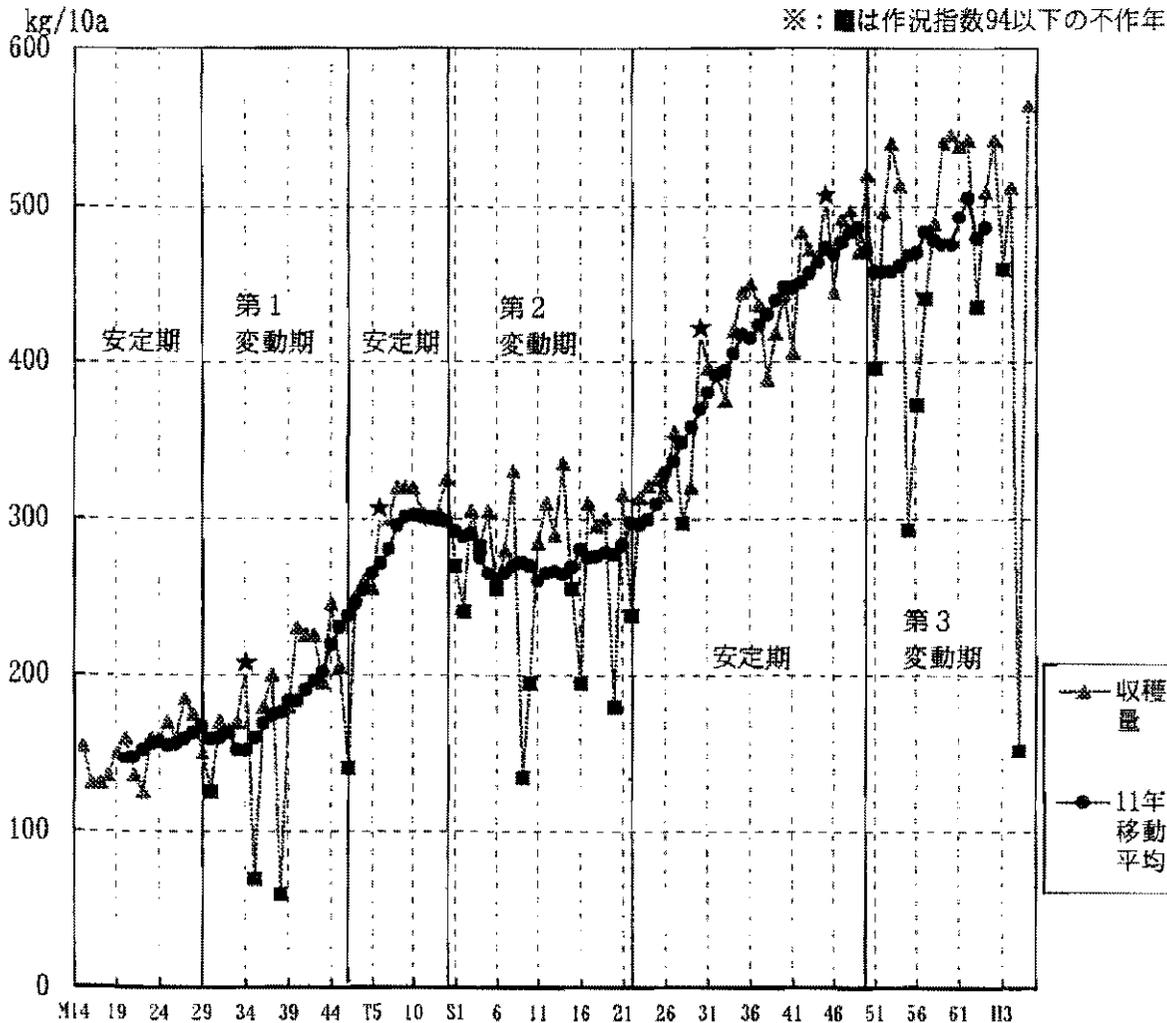


図6 県平均水稲収量の経年変化

作況指数70以下を凶作とすれば、明治以降でも凶作と呼ばれる年が10回もある。平成5年の大冷害は作況指数30と明治25年以降では最も低く、152kg/10aは明治20年代の平年作並の収量であった。まさに100年に1回の大冷害と呼ばれるにふさわしい大凶作である。

また、不良あるいは著しい不良である作況指数94以下の不作年は明治25年以降22回あり、5年に1回以上の割合で発生し、特に変動期（後述）といわれる昭和51年以降では19年のうち7回を数え、実に3年に1回は冷害が発生している（図6）。

古川と伊藤（1996）の研究

作況指数

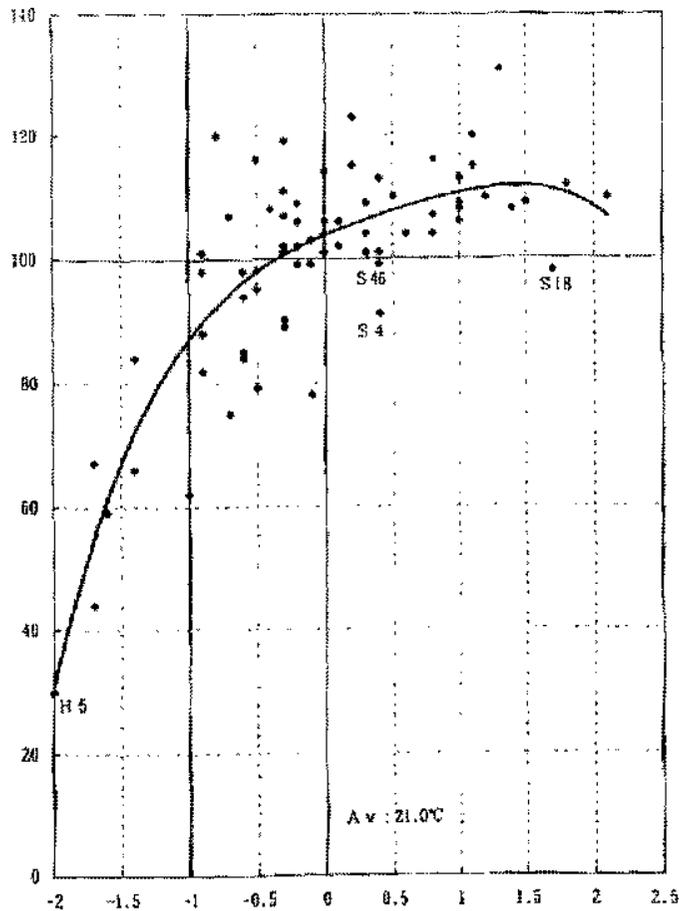


図11 夏期平均気温偏差(盛岡)と岩手県作況指数

表10 地上気圧差, 850hPa気温(7~8月)と作況指数

年	根室-輪島	気圧偏差	秋田850T	気温偏差	作況指数
S50	△ 0.4	-1.8	16.1	0.1	110
51	0.8	-1.4	▲ 14.6	-1.4	◆ 82
52	1.6	-0.6	15.9	-0.1	102
53	△ -0.2	-2.4	○ 17.6	1.6	112
54	0.7	-1.5	15.1	-0.9	104
55	● 4.8	2.6	▲ 14.4	-1.6	◆ 59
56	1.2	-1.0	15.9	-0.1	◆ 75
57	● 4.1	1.9	15.8	-0.2	◆ 89
58	● 3.9	1.7	16.0	0.0	98
59	2.4	0.2	○ 17.1	1.1	109
60	△ 0.5	-1.7	○ 17.3	1.3	108
61	2.8	0.6	15.5	-0.5	106
62	1.6	-0.6	15.8	-0.2	106
63	● 5.6	3.4	16.3	0.3	◆ 84
H 1	2.7	0.5	16.2	0.2	101
2	1.6	-0.6	16.9	0.9	107
3	2.5	0.3	15.7	-0.3	◆ 90
4	1.2	-1.0	15.6	-0.4	102
5	● 4.2	2.0	▲ 14.2	-1.8	◆ 30
6	0.8	-0.4	○ 17.7	1.7	110
平均	2.2	σ 1.6	16.0	σ 1.0	94

●印は+σ以上で北高型卓越
 △印は-σ以下で夏型卓越
 ▲印は-σ以下で寒気強
 ○印は+σ以上で寒気弱
 ◆印は冷害年

冷害に大きく作用する7~8月の低温と日照不足をもたらす要因は北高型の気圧配置の持続と日本付近への寒気の流入。2か月平均値(7~8月)からみた平均的な地上気圧配置, 平均的な温度場(昭和50年~平成6年の過去20年間の平均と, その偏差)から各年の特徴を見たのが表10。気圧差が大きい(+σ以上)とき, あるいは850hPa気温が低い(-σ以下)ときに冷害発生。昭和56年は両方とも顕著でなかったが, 遅延型冷害で6月に異常低温と極端な日照不足になった。

古川と伊藤（1996）の研究

表11 7月下旬～8月上旬の盛岡の平均気温と県平均収量(kg/10a)

年	平均収量 (kg/10a)	平均気温（盛岡） 7月下～8月上旬	根室P-輪島P 平均 7月下～8月上旬	+6hPa以上 の日数 7月下～8月上旬	+2hPa以上 の日数 7月下～8月上旬	秋田850hPa (21時) 7月下～8月上旬	冷害の型
昭和50	520	24.8	-1.3	0	3	16.7	
51 ●	396	23.5	-2.1	2	3	16.6	障害型冷害
52	495	24.4	-1.5	0	2	17.3	
53	540	26.2	-0.7	1	7	18.9	
54	513	22.9	-0.3	1	8	15.9	
55 ●	293	▽ 19.9	3.7	5	△ 14	▽ 15.1	障害型冷害
56 ●	372	23.3	1.4	2	10	16.5	遅延型冷害
57 ●	440	22.1	△ 4.6	△ 8	△ 13	▽ 15.6	遅延型冷害
58	488	23.5	0.5	0	8	17.0	
59	540	26.1	1.4	3	9	18.4	
60	545	25.8	0.9	1	6	19.1	
61	538	22.8	2.6	3	11	16.5	
62	542	22.5	0.6	5	10	16.4	
63 ●	435	▽ 21.3	3.8	△ 8	11	16.3	障害型冷害
平成 1	509	25.6	3.5	△ 7	12	18.6	
2	542	24.4	1.3	3	8	18.3	
3 ●	459	21.9	2.3	△ 7	12	16.2	障害型冷害
4	512	22.7	-0.8	2	6	▽ 15.5	
5 ●	152	▽ 19.3	△ 8.5	△ 13	△ 20	▽ 15.3	混合型冷害
6	564	26.9	0.7	3	9	19.6	
Av	470	23.5	1.5	3.7	9.1	17.0	
σ	99	2.0	2.5	3.3	4.1	1.3	
±σ	371	21.5	4.0	7.0	13.2	15.7	

●は作況指数94以下
△, ▽はそれぞれの
平均の±σ以上

昭和57年は地上気圧差が+4.6hPaと大きく、850hPa気温も15.6度と低い。障害型冷害となった昭和55年と比較すると、日照時間は昭和57年94.6時間、昭和55年116.6時間。しかし、この時期の卓越風向（1日の最多風向）が北～東風になった日が昭和55年が8日あるのに対し、昭和57年は1日だけで、それほど低温が現れなかった。平成4年は、850hPaの気温が15.5℃とかなり低かったが、地上気圧差が-0.8hPaと北高型の地上気圧配置が卓越せず、それほど低温とならなかった。

古村（2004）の研究「青森県における2003年の冷夏と稲作」

研究の概要

□データ：1971～2003年

□2003年の水稲の作柄と夏の気温との関係を面的に分析

□ヤマセ日を昆（1984）に倣い定義

- ◆ 青森と八戸の2地点の日平均気温の平年偏差が -1°C より大きい日
- ◆ 青森、八戸のいずれかが、卓越風向が北から南南東の主に東よりの風で、かつ日照時間が5時間未満の日
- ◆ 特に日平均気温の平年偏差が -3°C より大きい日を「強いヤマセ」

□1971～2003年のヤマセ日発現状況を整理

- ◆ 強いヤマセ日は7月下旬から8月上旬に比較的多い
- ◆ 2003年はヤマセ日が一番多い（6～9月で50日間）
- ◆ 1986年はヤマセ日が2番目に多いが冷害ではない（7月下旬以降が少ない）

□2003年の特徴を3地帯（津軽、青森、南部・下北）で分析

- ◆ 平均気温、最低気温、日照時間

古村（2004）の研究 2003年の水稻の作柄と夏の気温との関係

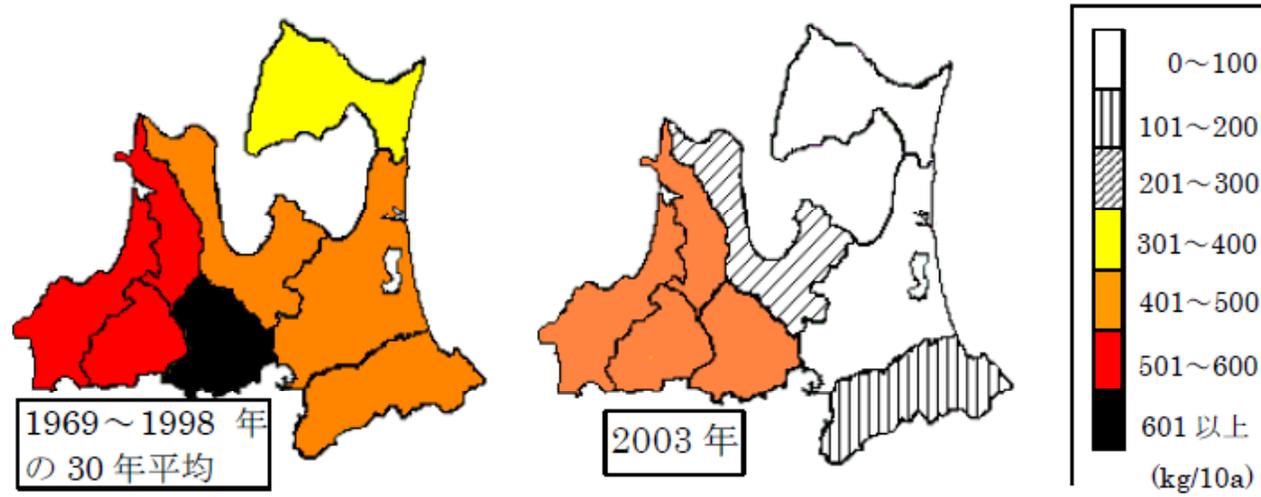


図3 農業地帯別の単位収量(kg/10a)

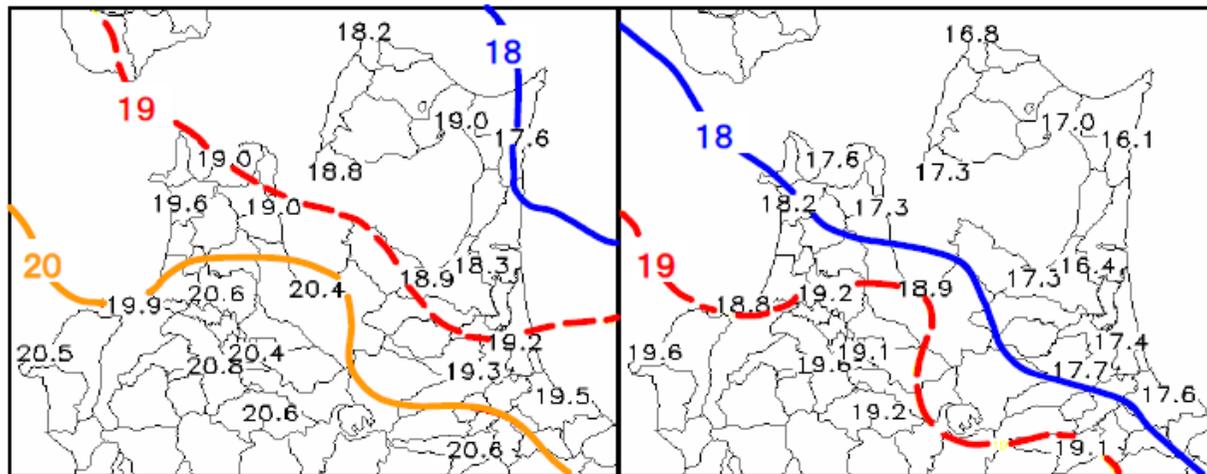


図4 アメダス地点の夏の平均気温平年値(左)・平均気温2003年(右)

2003年の場合には19℃等値線が津軽中部まで南下したため、米どころ津軽地帯でも500kg/10aを割り込み、冷夏の影響が及んでいる。

古村（2004）の研究 1971～2003年のヤマセ日発現状況

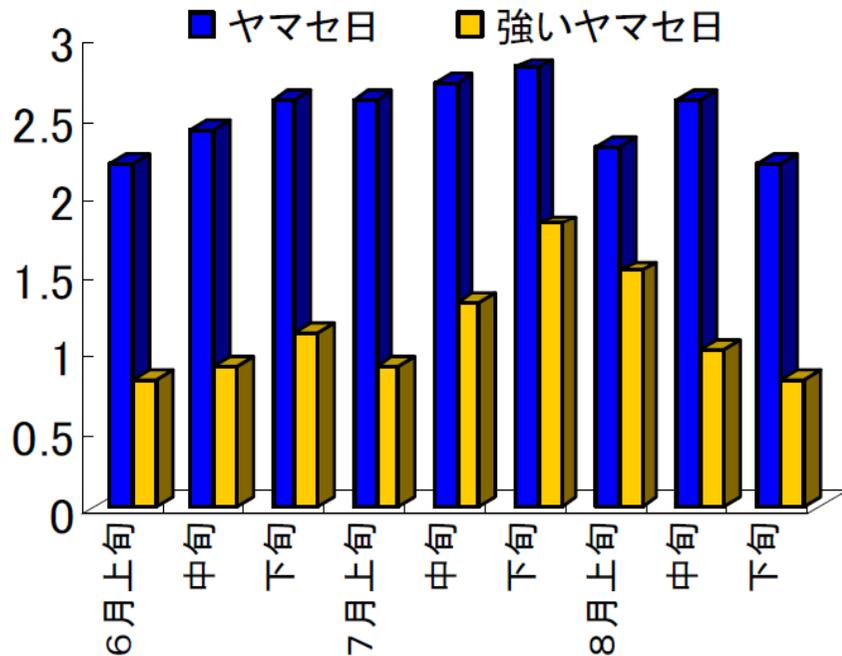


図7 青森県の旬別のヤマセ日発現状況

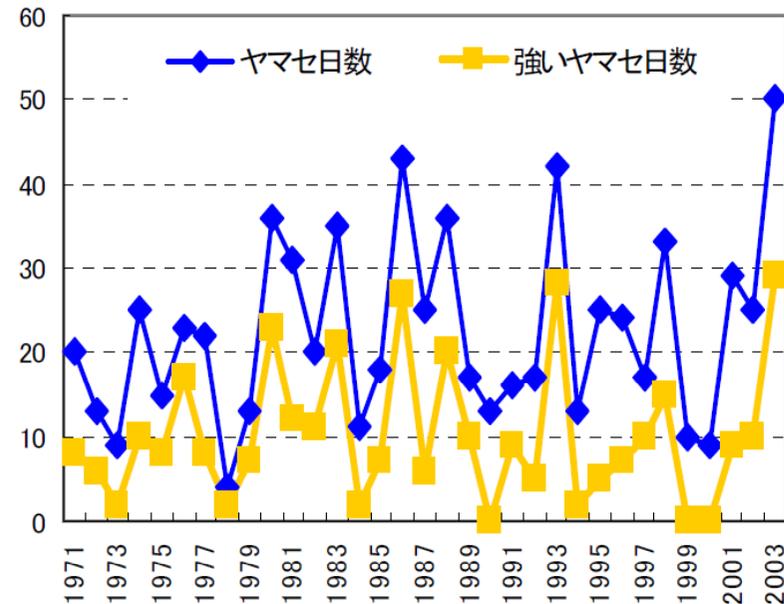


図8 青森県の各年毎のヤマセ日数

- ①各旬ともヤマセ日は2、3日の発現、ひと夏の平均は22.4日とほぼ4日に1日はヤマセ日（図7）。
 - ②強いヤマセ日は平均すると約10日、水稻が低温に弱いとされる幼穂形成期から減数分裂期の7月下旬から8月上旬に比較的多く現れている（図7）。
 - ③ヤマセ日が一番多かった年は2003年、期間の半分以上の50日間。ついで1986年の43回、1993年の42回（図8）。
- 1986年が冷害となっていないのは7月下旬以降が冷害年に比べて「ヤマセ日」が少ないことが要因と考えられる。

古村（2004）の研究 2003年の特徴

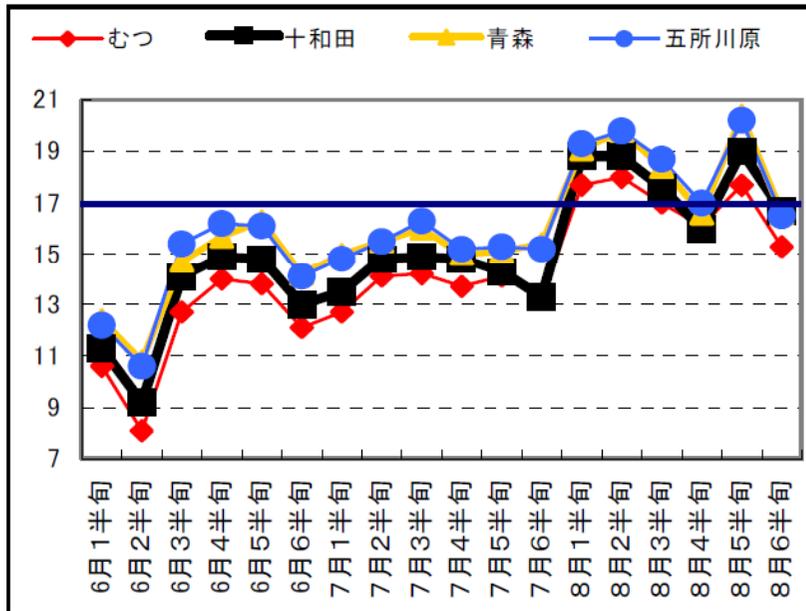


図12 4地点半旬最低気温

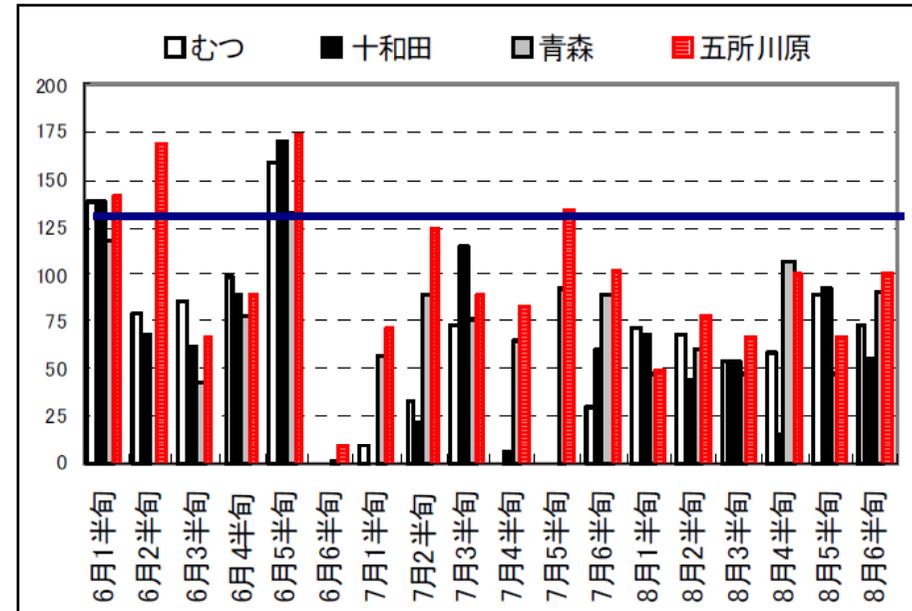


図15 4地点半旬日照時間平年比

- ◆ 6月第6半旬以降は7月にかけてオホーツク海高気圧の発達・停滞や寒気の南下により、低温状態が長期間続いた。
- ◆ 特にほぼ幼穂形成期から減数分裂期に当たる7月第4半旬から第6半旬にかけて顕著な低温が現れた。
- ◆ 8月は一時的に夏型の気圧配置となり、やや回復傾向がみられたが、第4半旬には再びオホーツク海高気圧が強まり顕著な低温となった。
- ◆ 各地、7月下旬まで、最低気温が16°C以下。特に県内第2の穀倉地帯である十和田では、7月第6半旬が14°C以下と稲作の臨界温度を下回る著しい低温となった。最低気温が最も低かった7月28日、十和田では9.6°C。
- ◆ 五所川原は極端な日照不足とはなっていない。気温と日照時間は津軽と三八・上北、下北に違いがある。

太田と松井（2006）の研究「2003年6月21～25日高風丸が観測したヤマセの大気構造について」

研究の概要

- データ：2003年6月21～25日の高層観測
- 2003年6月21～25日のヤマセについて、高風丸による観測データやNHMによる数値実験結果等を用いて、その大気構造や変質過程を診断
 - ◆ 大気構造は2km付近の沈降性逆転層と寒気流入に伴う1km以下の逆転層の二段構造
 - ◆ 対流混合層が発達
 - ◆ ヤマセに伴う下層寒気は海上からの熱フラックスにより加熱され、対流混合層の発達に寄与

太田と松井（2006）の研究 対象地域 高風丸観測の概要

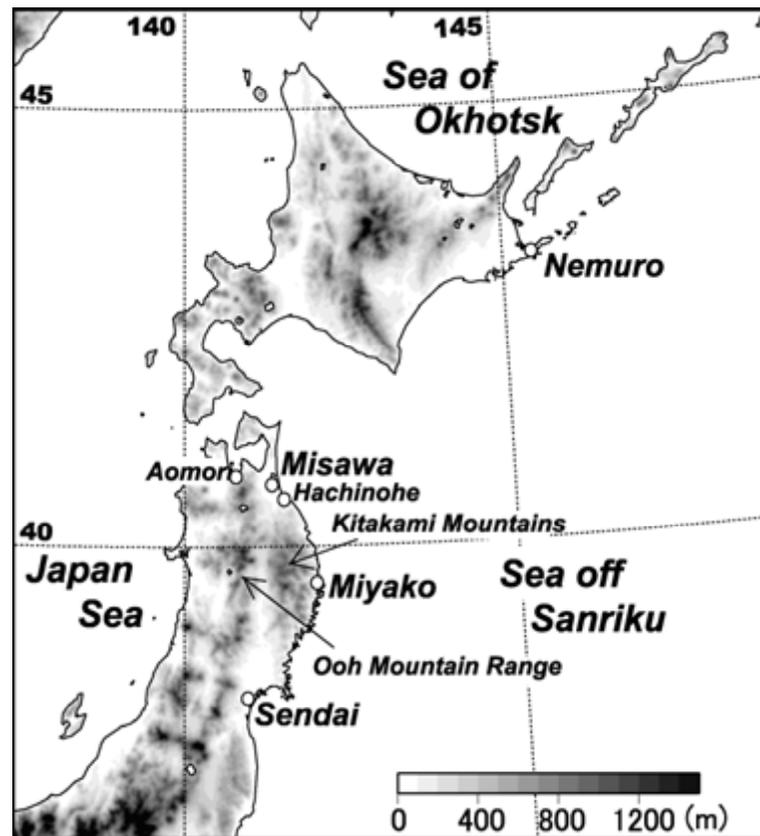


図1 北日本の地形及び太平洋沿岸にある気象官署の位置。

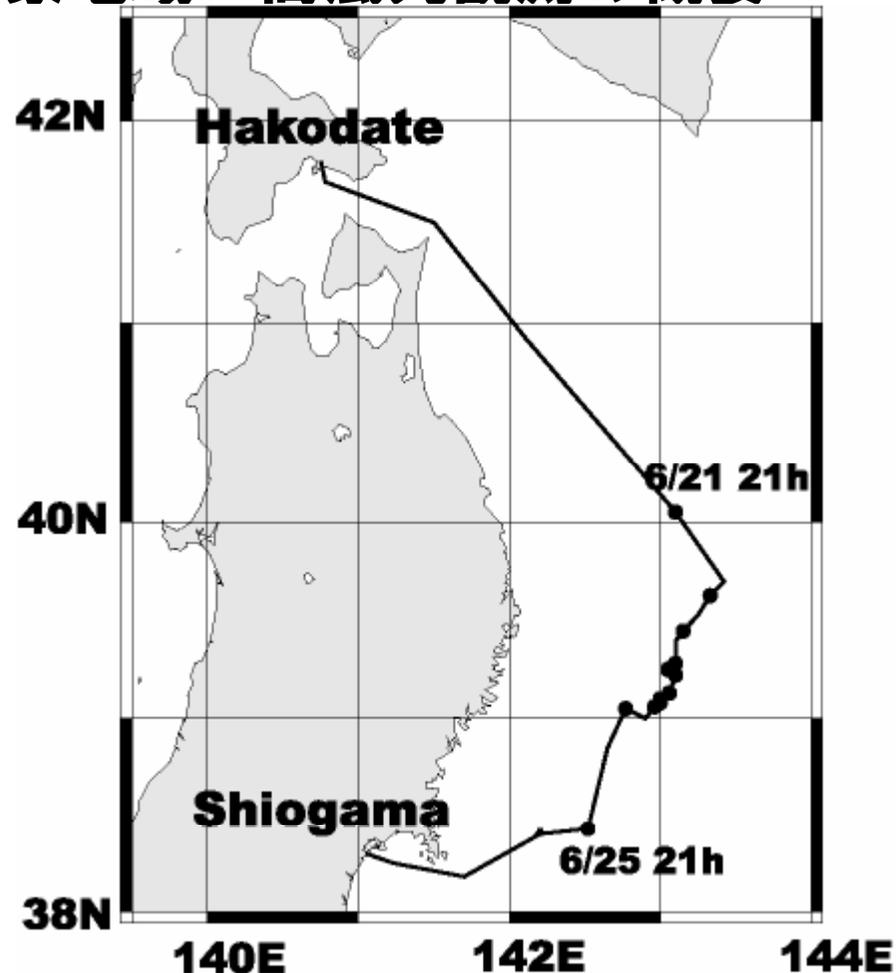


図2 高風丸の航路図。航路上の点は高層観測実施地点を示す。

高風丸は、2003年6月19日14時に函館を出港し、21日08時から気象観測を開始した。**23日09時から24日21時まで**は、通常の09時・21時に加え03時・15時もレーウィンゾンデ観測に切り替える**特別観測**を実施した。その後、通常観測に戻り、28日09時30分に塩竈に入港した。

太田と松井（2006）の研究 総観場の概要

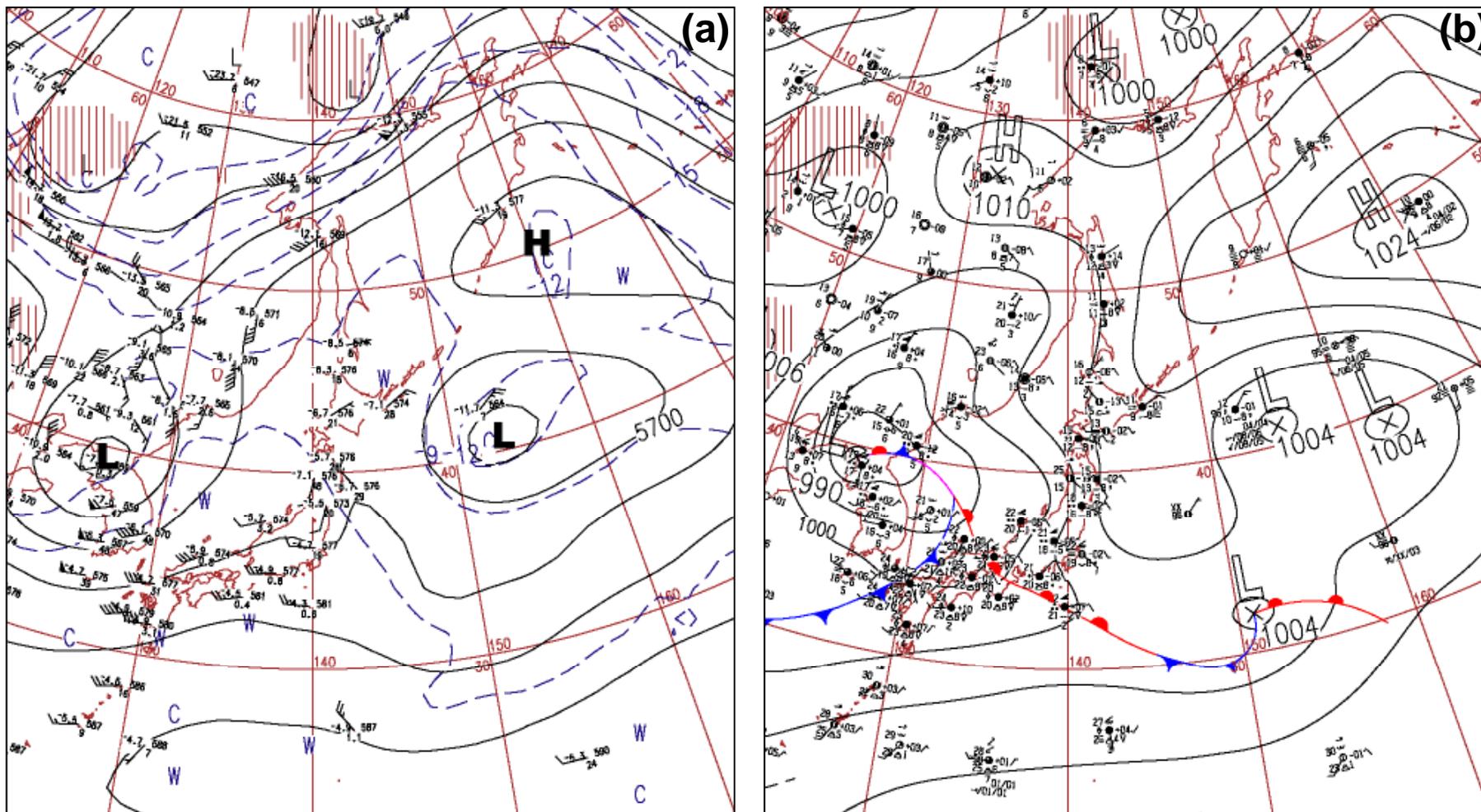
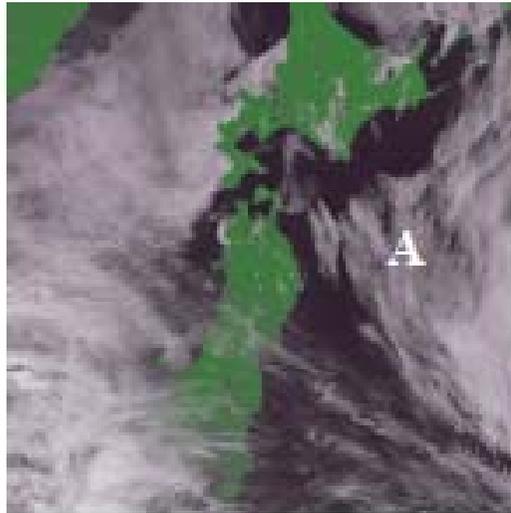


図3 (a)2003年6月24日09時の500hPa面高層天気図。(b)同時刻の地上天気図。

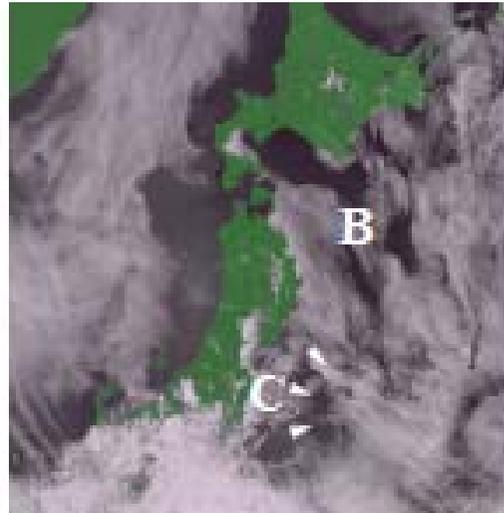
- ◆ カムチャツカ半島付近に高気圧、日本の東には切離低気圧が存在し、ジェット気流は大きく蛇行してブロッキングパターンを呈している。
- ◆ 地上での気圧場は500hPa とほぼ一致しているが、千島列島から東日本太平洋沿岸にかけての高圧部の垂れ下がりがより明瞭

太田と松井（2006）の研究 ヤマセに伴う雲組織

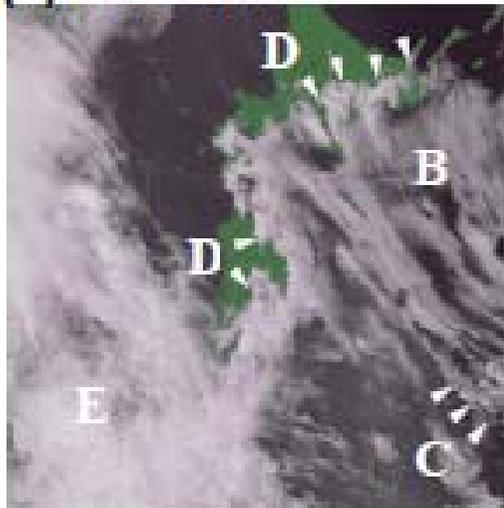
(a) 22 JUNE



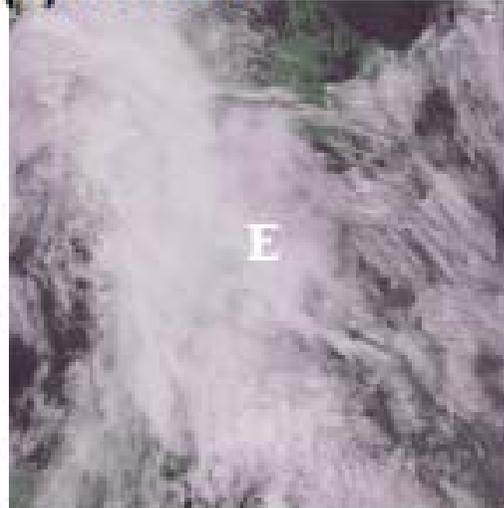
(b) 23 JUNE



(c) 24 JUNE



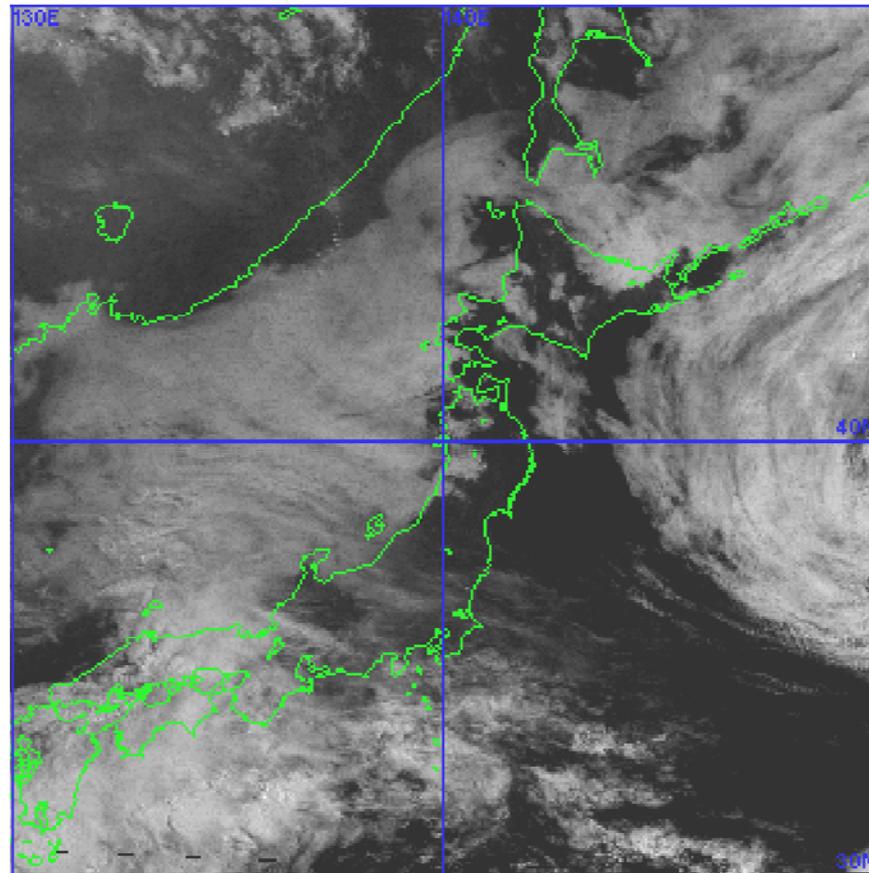
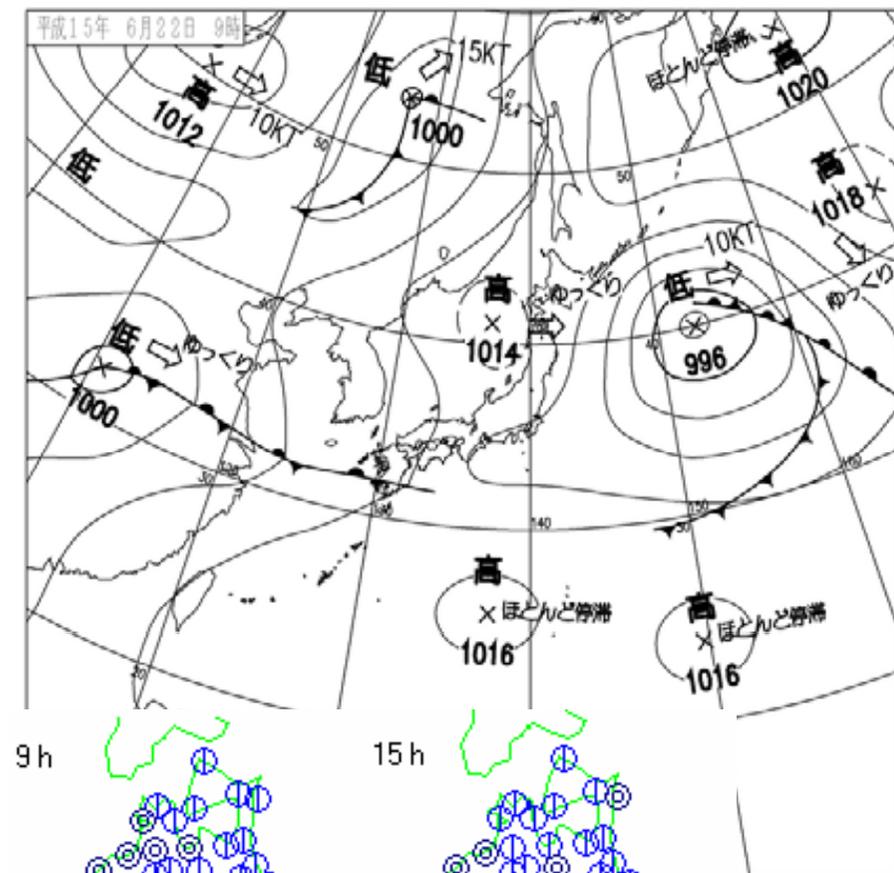
(d) 25 JUNE



- ◆ 22日、三陸沖の雲域Aは、日本の東にある低気圧に伴う雲域。
- ◆ 23日、24日、三陸沖・日高沖周辺の雲域Bは、輝度が低く表面が滑らか。層雲または霧域。
- ◆ 23日には仙台平野などごく一部を除いて陸域への進入は見られない。24日にはまとまった雲域が北海道と東北地方の太平洋側陸上に大規模に流入。
- ◆ ヤマセに伴う層雲や霧はその層が非常に薄い。雲域Dに山岳による遮蔽の様子が現れている。雲域Dは多少発達、山岳の風上斜面での強制上昇によるものと考えられる。
- ◆ 三陸沖の南の海域では雲域Cのようなセルのサイズが小さい対流雲も認められる。三陸沖の低緯度側では海面水温が高くなるため対流雲が発達しやすいと考えられる（気象衛星センター、2000）。
- ◆ 25日には、前線による組織的な雲域Eが東北地方にかかり、下層雲の判別は難しい。

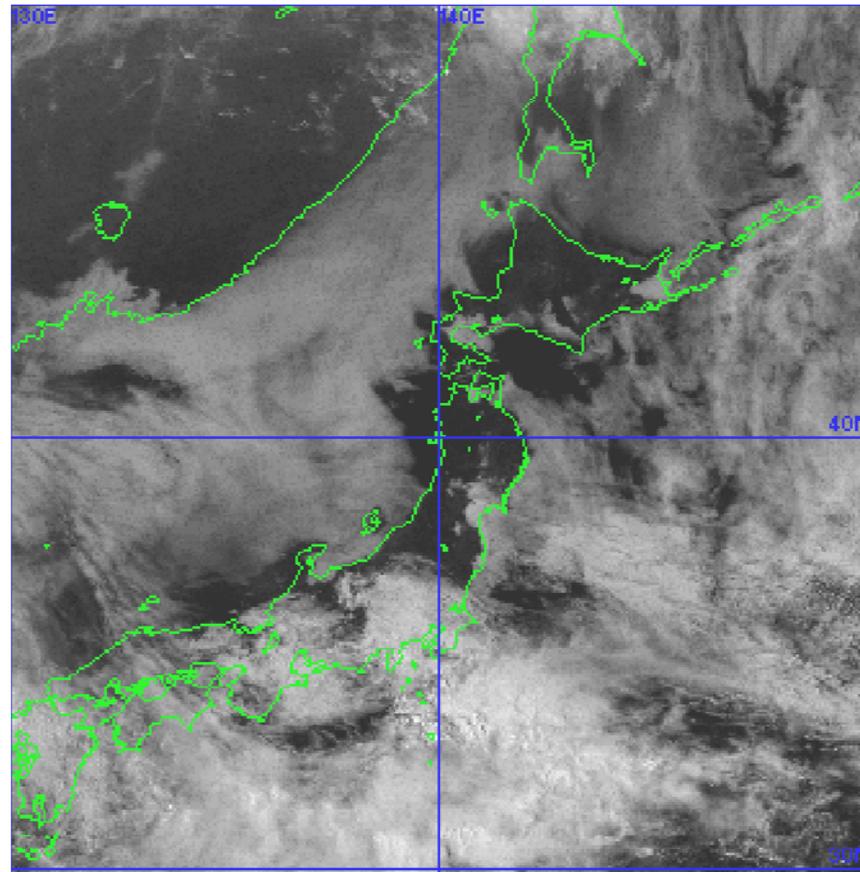
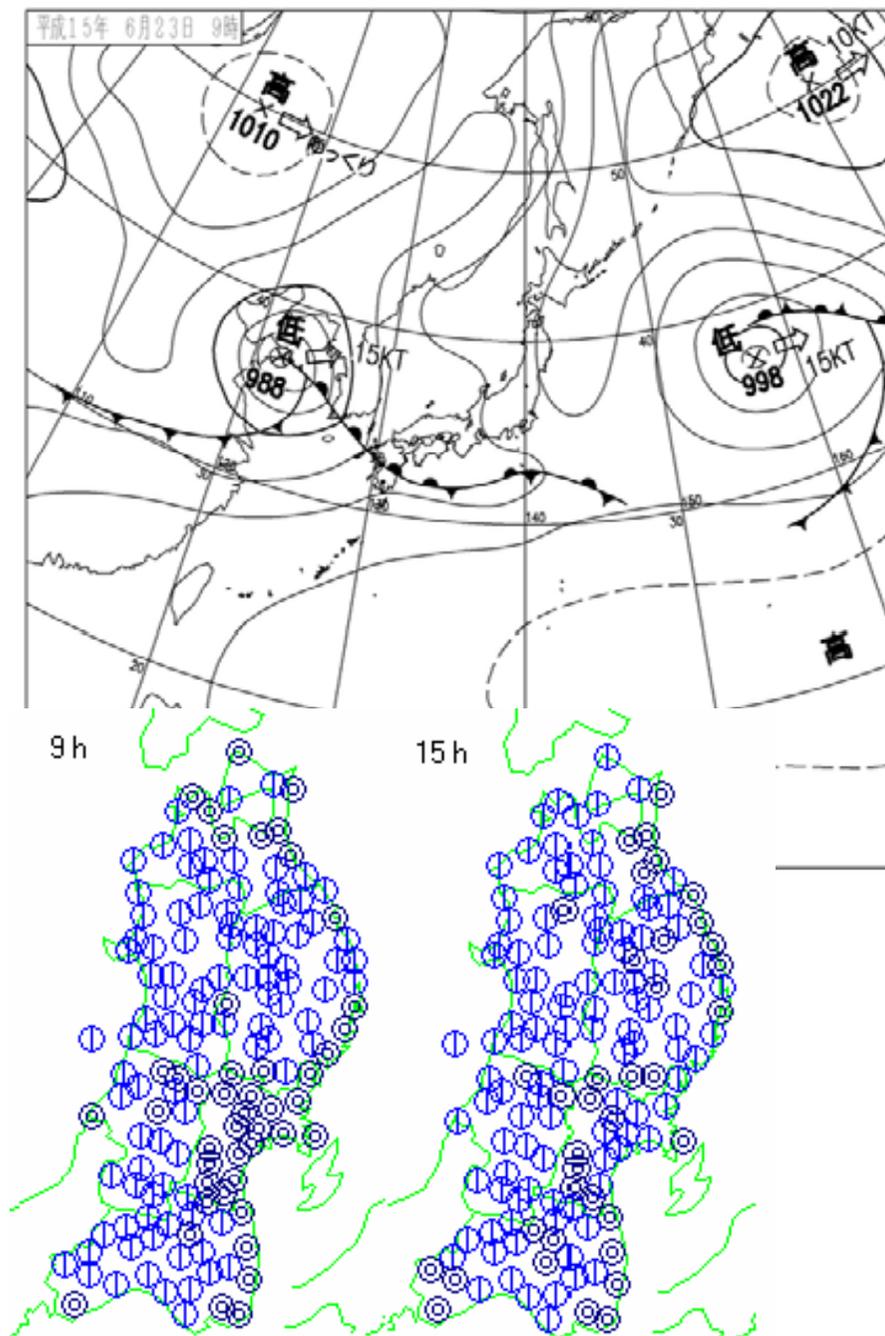
図4 NOAA 衛星画像。記号A～E については本文参照。
(a)22日(b)23日(c)24日(d)25日。

太田と松井（2006）の研究 の参考資料



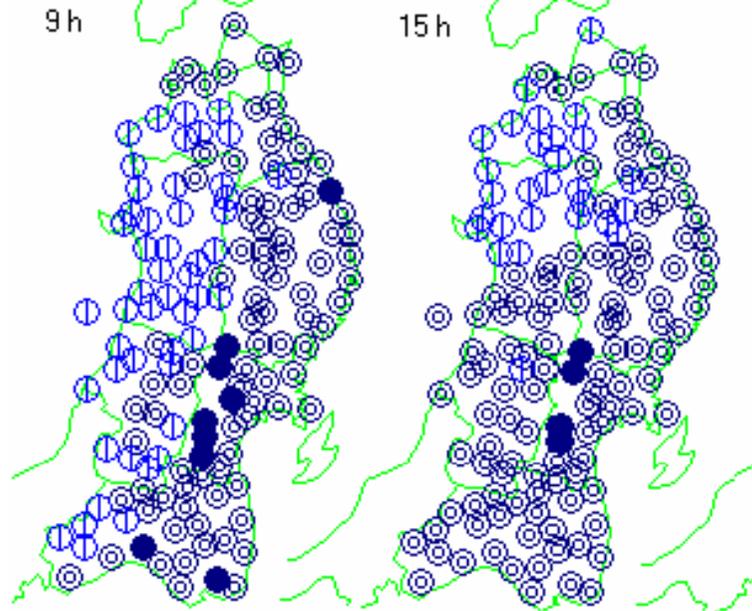
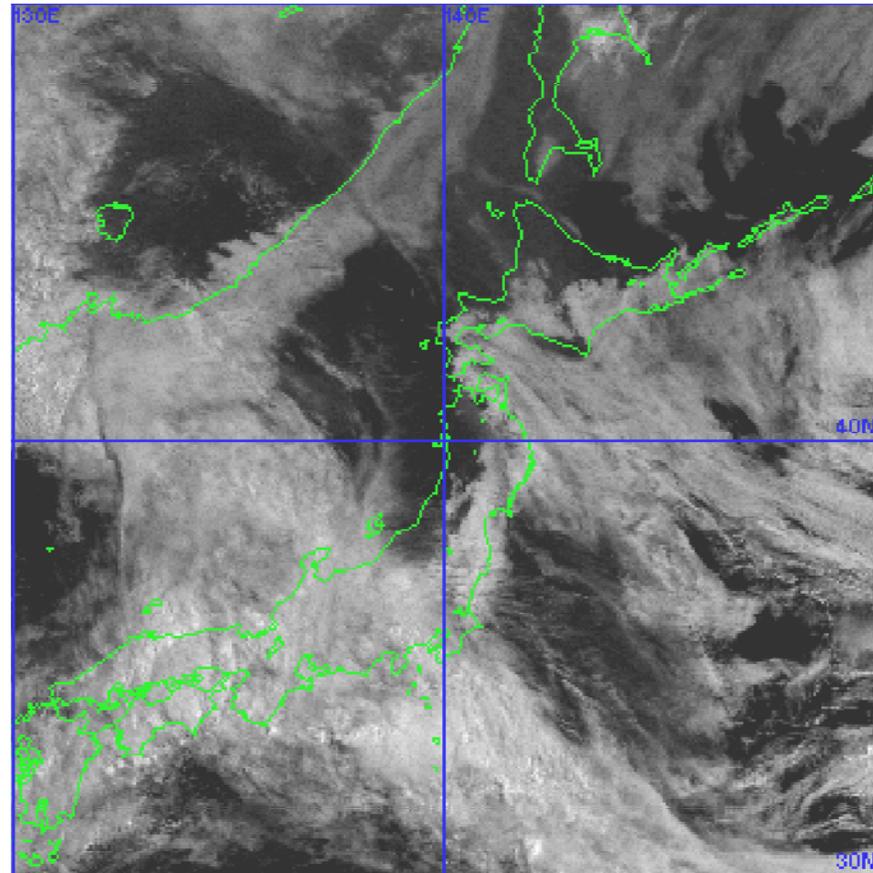
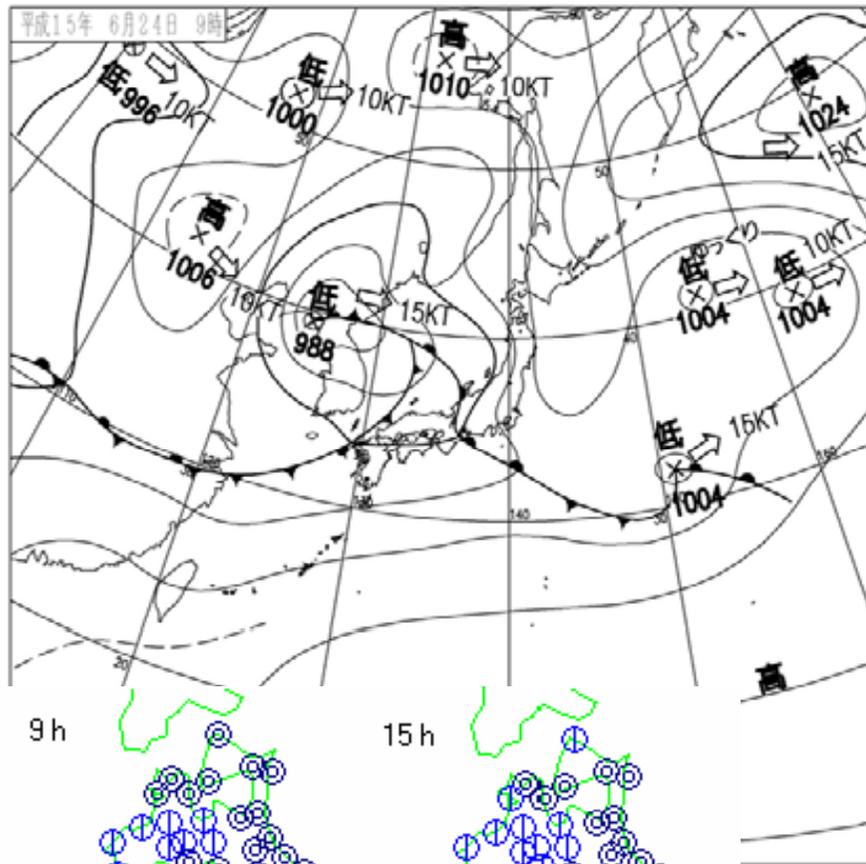
6月22日09時の地上天気図、
衛星可視画像、天気分布

太田と松井（2006）の研究 の参考資料



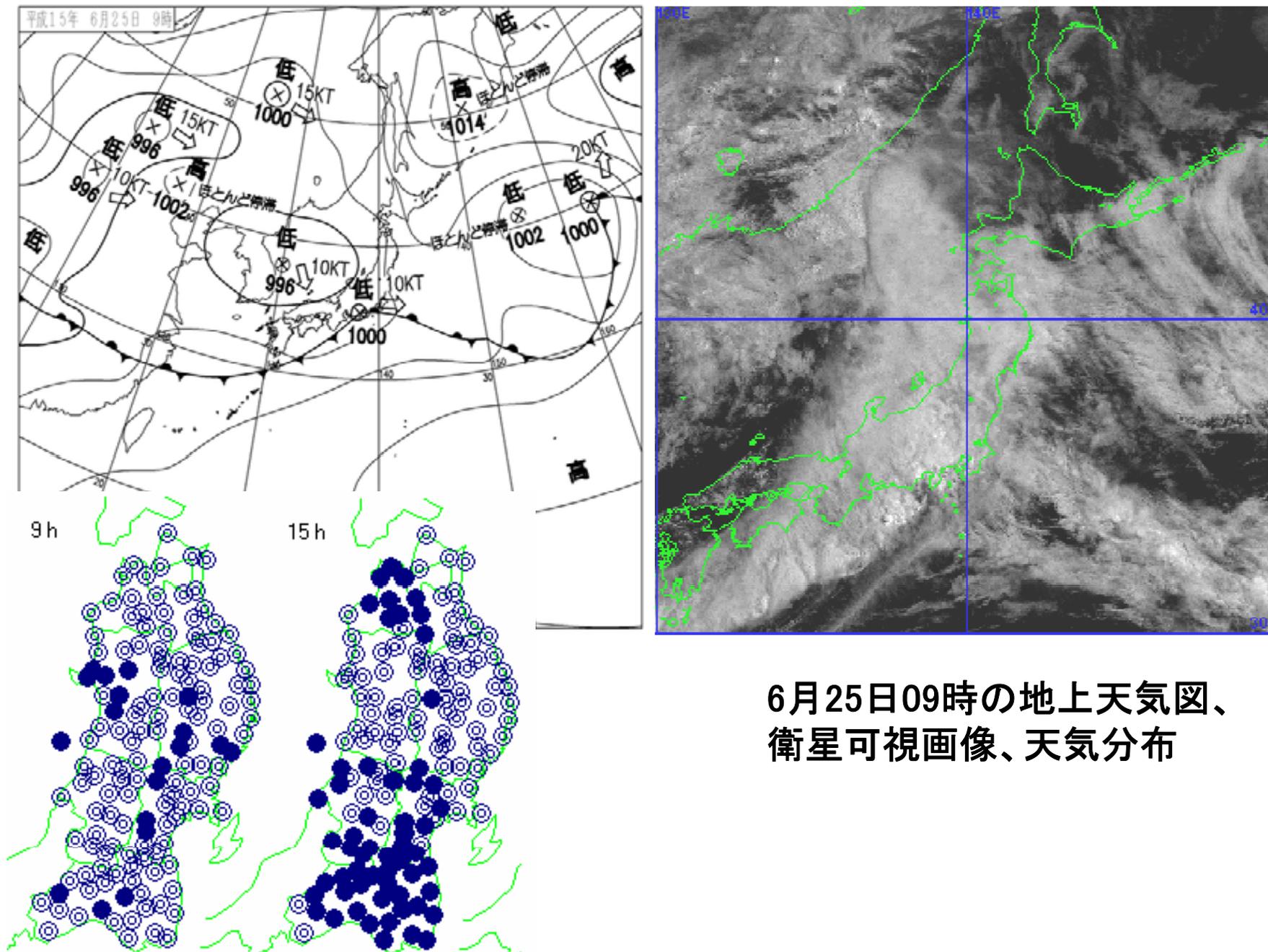
6月23日09時の地上天気図、
衛星可視画像、天気分布

太田と松井（2006）の研究 の参考資料



6月24日09時の地上天気図、
衛星可視画像、天気分布

太田と松井（2006）の研究 の参考資料



6月25日09時の地上天気図、
衛星可視画像、天気分布

太田と松井（2006）の研究 ヤマセの立体構造 根室、三沢

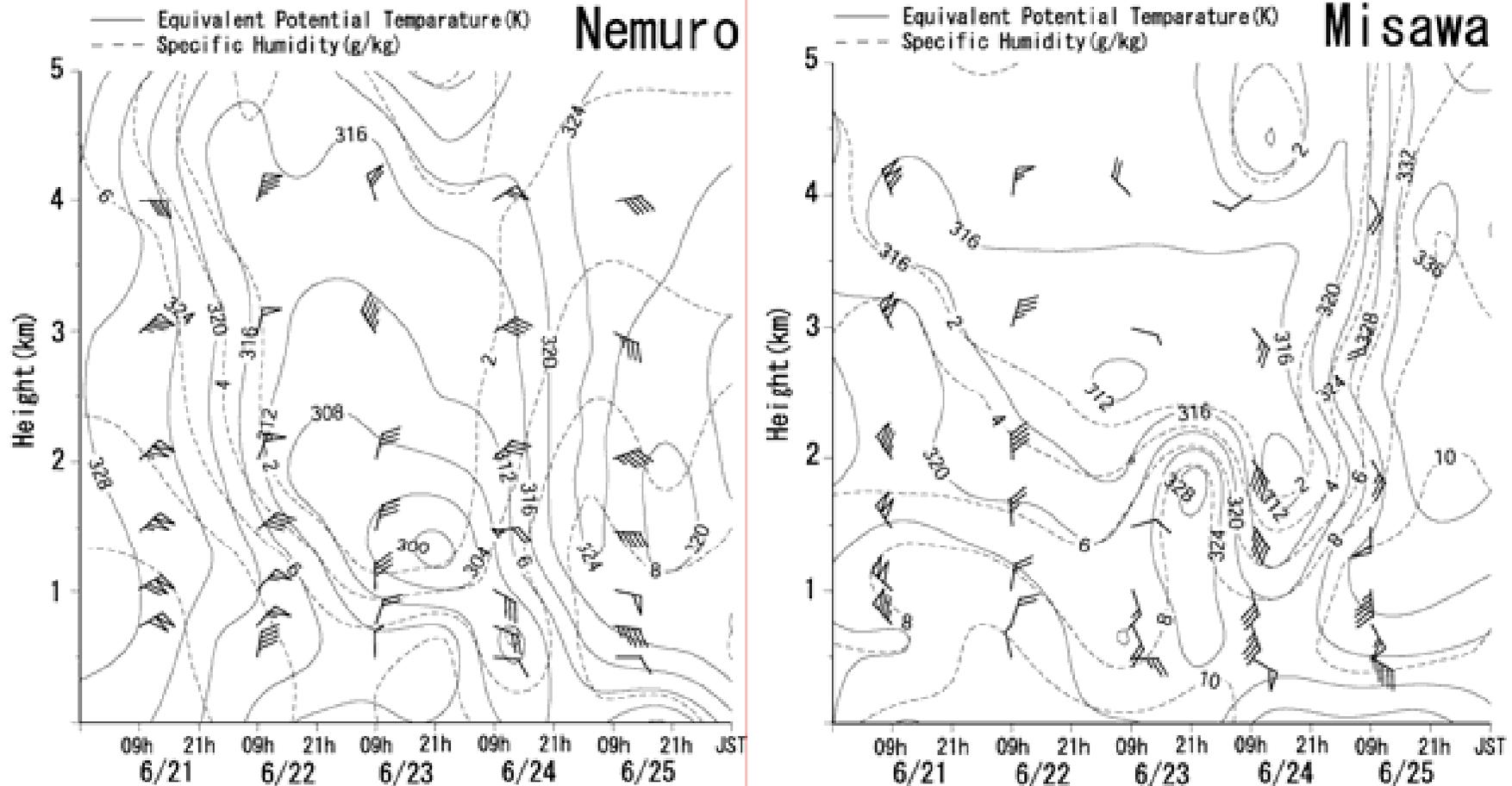


図5 根室・三沢・仙台・館野における6月21日09時～6月25日21時にかけての相当温位[K]と比湿[g/kg]の鉛直時間断面図。それぞれ実線が相当温位、破線が比湿を表す。

一般的にヤマセ時には相当温位 (θ_e) と比湿の低下をもたらす (工藤、1984)。根室では、22日～24日に相当温位と比湿が低下、気団の入れ替わりの様子が明瞭。特に23日21時頃には、高度1.5km付近に300Kを極小とする低 θ_e 気塊の流入が認められる。これは比湿の低い領域に対応していて、乾燥空気の沈降を示すもの。

太田と松井（2006）の研究 ヤマセの立体構造 仙台、館野

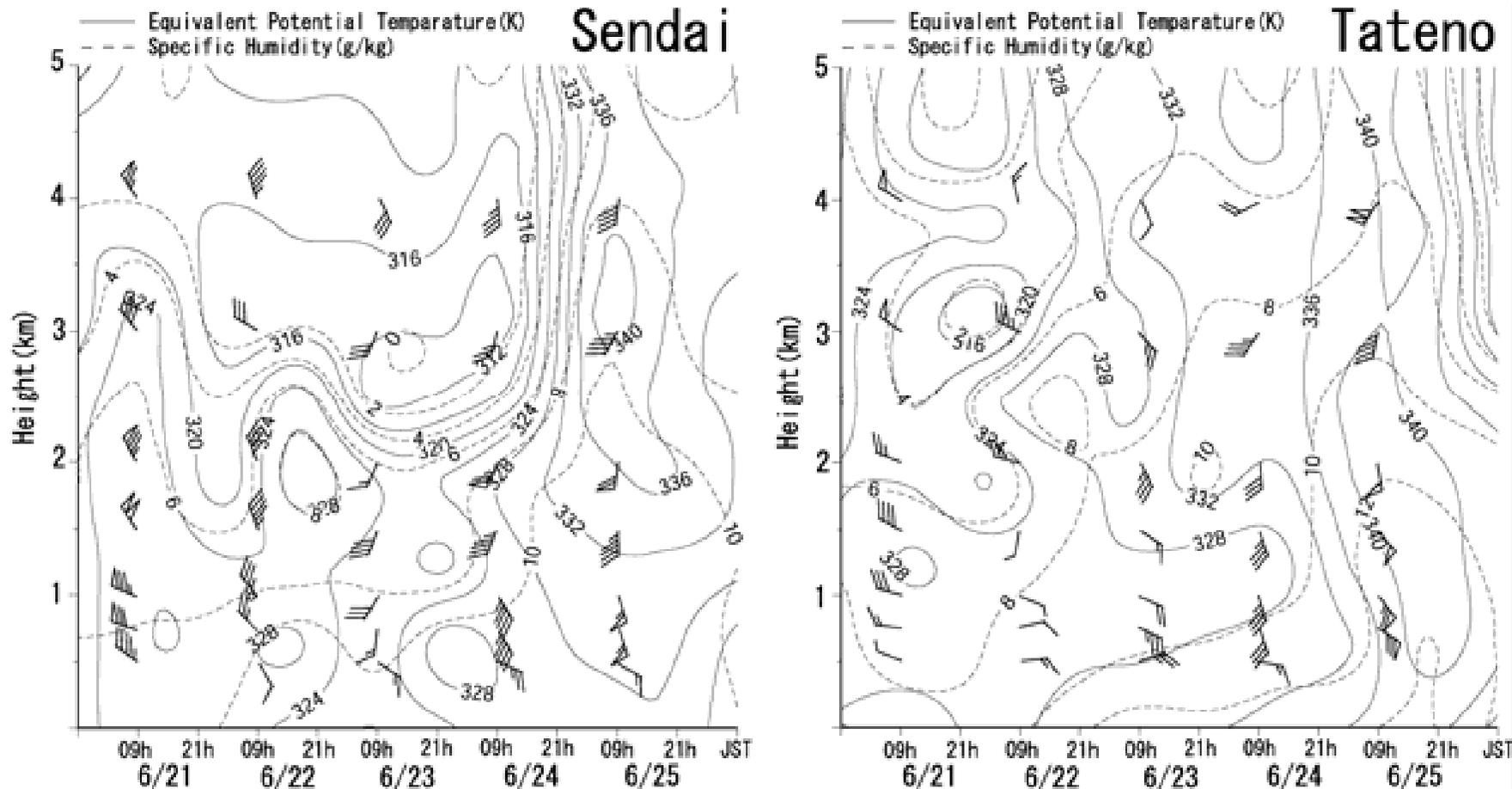


図5 根室・三沢・仙台・館野における6月21日09時～6月25日21時にかけての相当温位[K]と比湿[g/kg]の鉛直時間断面図。それぞれ実線が相当温位、破線が比湿を表す。

三沢や仙台では気団の入れ替わりの様子は根室ほど明瞭でない。根室と同様に乾燥空気の沈降がみられるが、高度2km付近までで根室より少し高くなっている。また、地表付近における低 θ_e 気塊の流入ははっきりしない。

太田と松井（2006）の研究 海上における大気構造（高風丸）

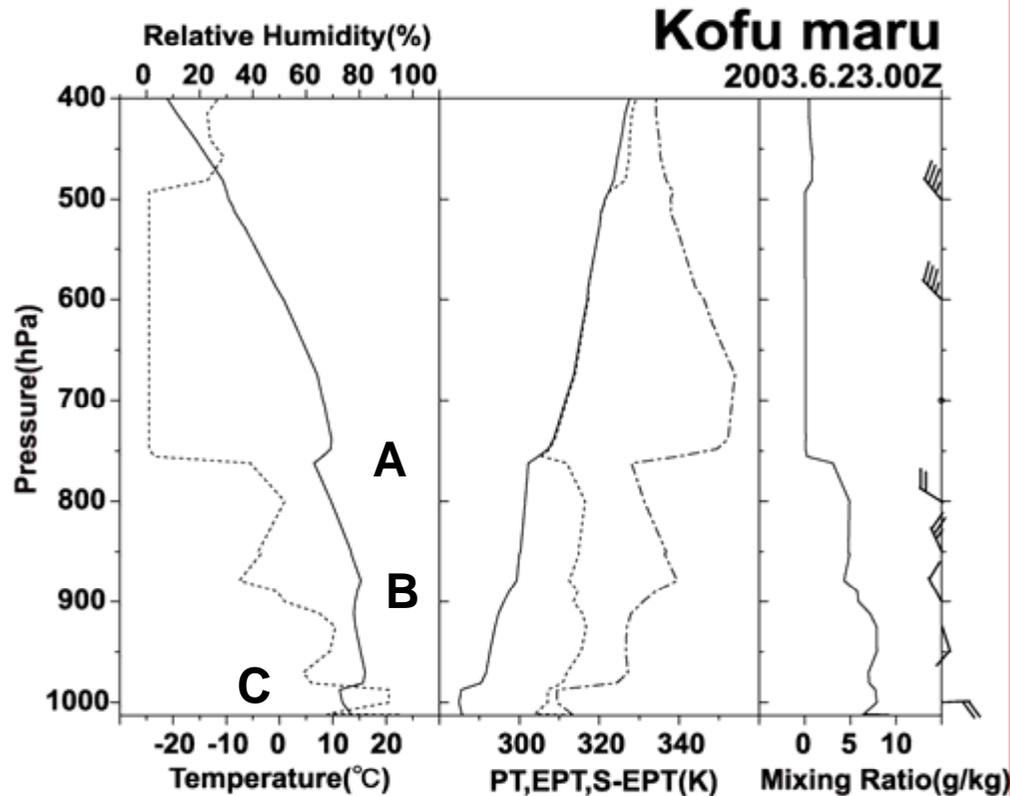


図6 高風丸が観測した23日09時の鉛直プロファイル。
(左図)実線:気温[°C]、点線:相対湿度[%]。
(中図)実線:温位[K]、点線:相当温位[K]、一点鎖線:
飽和相当温位[K]。(右図)混合比[g/kg]。左図中のA~
Cは各逆転層。

気温と湿度のプロファイルから
750hPa (A)と980hPa (C)に
顕著な逆転層が存在

逆転層Aは湿度、相当温位、混合
比の鉛直分布から
強い沈降性の逆転層。

逆転層Cより下層では4m/sの東
風、ヤマセに伴う下層寒気の流出
を示している。
この領域では相対湿度が90%以上、
この非常に薄い湿潤層が図4の衛
星画像に見られる雲域Bに対応し
ていると考えられる。

900hPaにも弱いながら逆転層B
があるが、この成因や構造は今の
ところ不明な点が多い。

太田と松井（2006）の研究 海上における大気構造（高風丸）

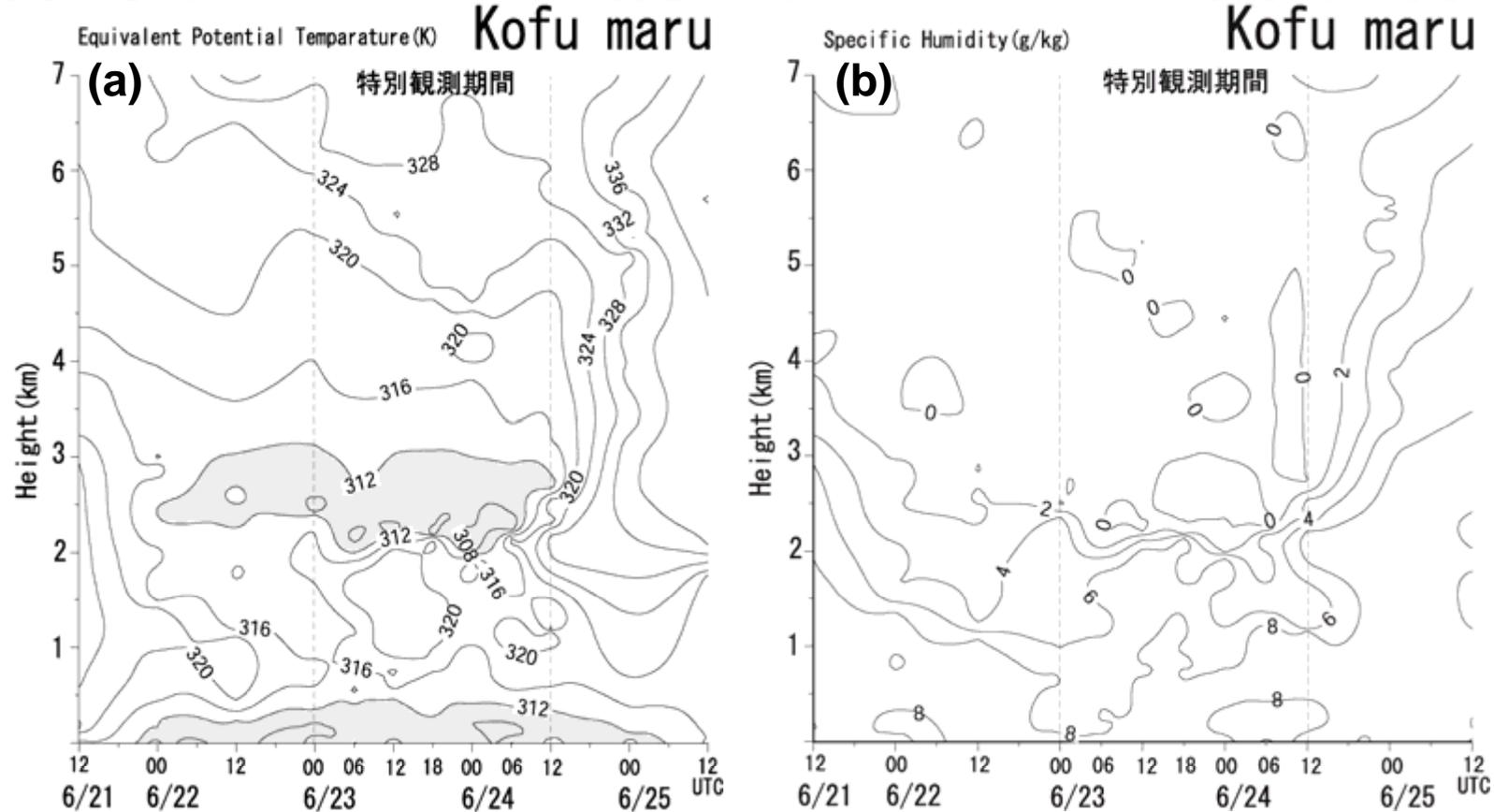


図7 高風丸観測期間中の鉛直時間断面図(23日09時～24日21時は特別観測期間)。(a)相当温位[K]。(b)比湿[g/kg]。(c)東西風[m/s]。東風成分には陰影をつけている。(d)南北風[m/s]。北風成分には陰影をつけている。

相当温位や比湿は陸上観測点と同様に気団の入れ替わりの様子が明瞭。2～3kmの乾燥空気の沈降も陸上観測点と同様に見て取れるが、500m以下のごく下層における低 θ_e 気塊の流入は陸上に比べ顕著。この低 θ_e 領域では比湿の低下は認められず、すなわち（すでに図6の気温鉛直分布で見たように）これは低温な気塊である。

太田と松井（2006）の研究 海上における大気構造（高風丸）

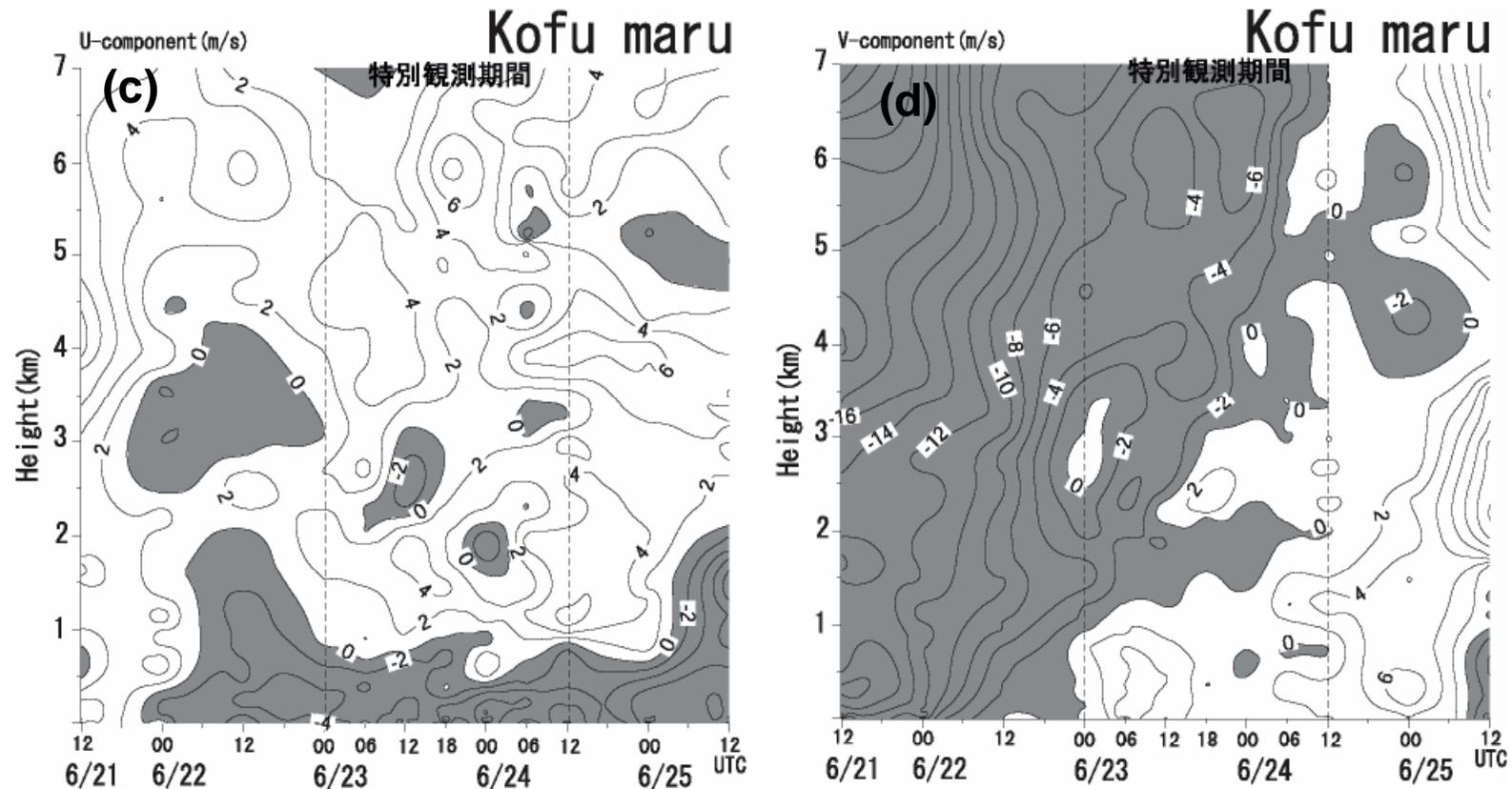


図7 高風丸観測期間中の鉛直時間断面図(23日09時～24日21時は特別観測期間)。(a)相当温位[K]。(b)比湿[g/kg]。(c)東西風[m/s]。東風成分には陰影をつけている。(d)南北風[m/s]。北風成分には陰影をつけている。

東成分を持つ風は1km以下の薄い層に限られていて低 θ_e 領域に良く一致。

以上から、今回のヤマセに伴う寒気や下層雲はその厚さが1km以下のごく薄いものであると推測される。

太田と松井（2006）の研究 海上における大気構造（高風丸）

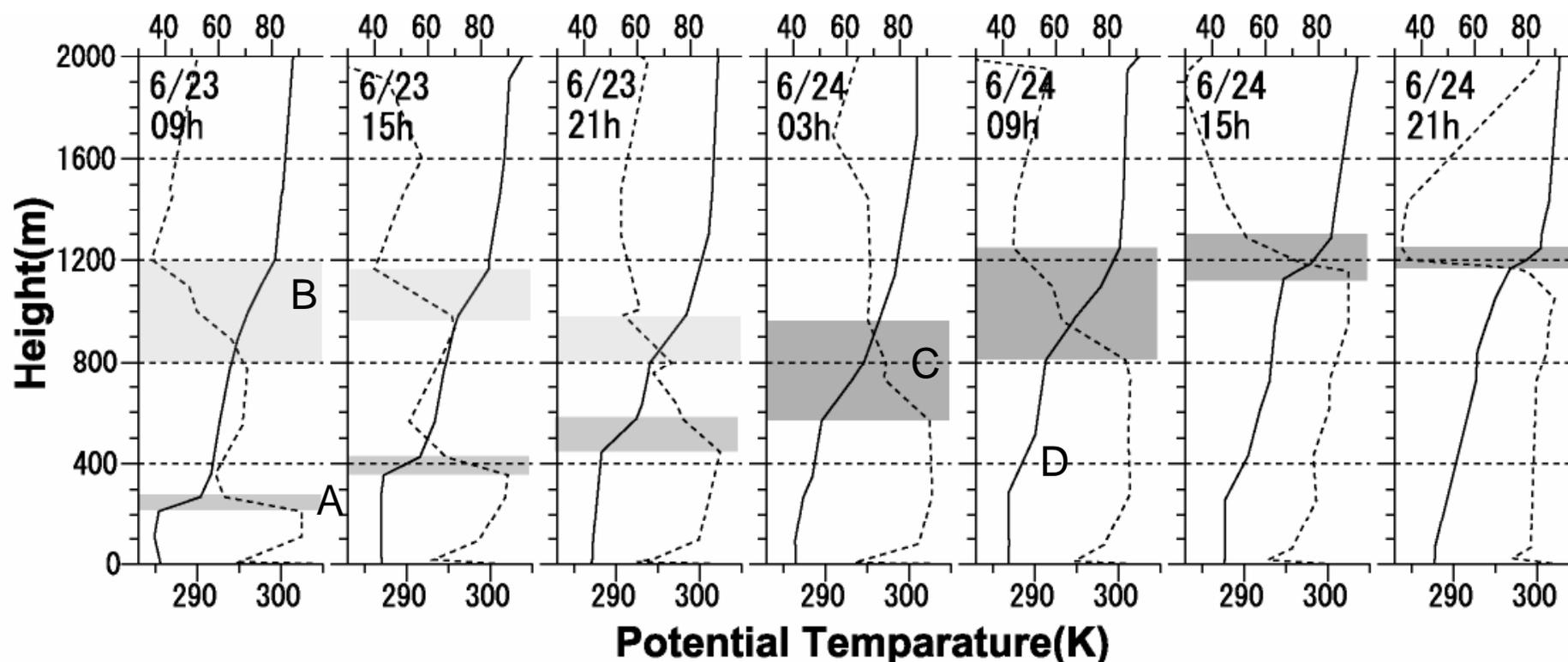


図8 高風丸特別観測期間中の高度2000m以下の温位[K]と相対湿度[%]のプロファイル。実線は温位、点線は相対湿度を表す。図中のA～Dは各安定層を示す。

23日09時、下層寒気の流入によって形成された明瞭な安定層Aと弱い安定層B。安定層Aの高度は200～300mと低く、12時間後の23日21時には500～600m付近まで上昇。安定層Aより下では、相対湿度が高く、温位傾度がほぼ垂直で中立な成層となっていることから、対流混合が活発な成層。すなわち、安定層Aの上昇は対流混合層の成長と見ることもできる。安定層Bは徐々にその高度を下げ、24日03時にはAとBの境目が不明瞭になる形で安定層Cが形成されているように見える。安定層Cの下層は対流混合が活発な成層。安定層Cも徐々に高度を上げ、24日21時には1200m付近にまで達している。また、24日09時には300～500mに新たな安定層Dが形成されていて、繰り返し下層寒気が流入している様子がうかがえる。

太田と松井（2006）の研究 ヤマセの移流経路と変質過程

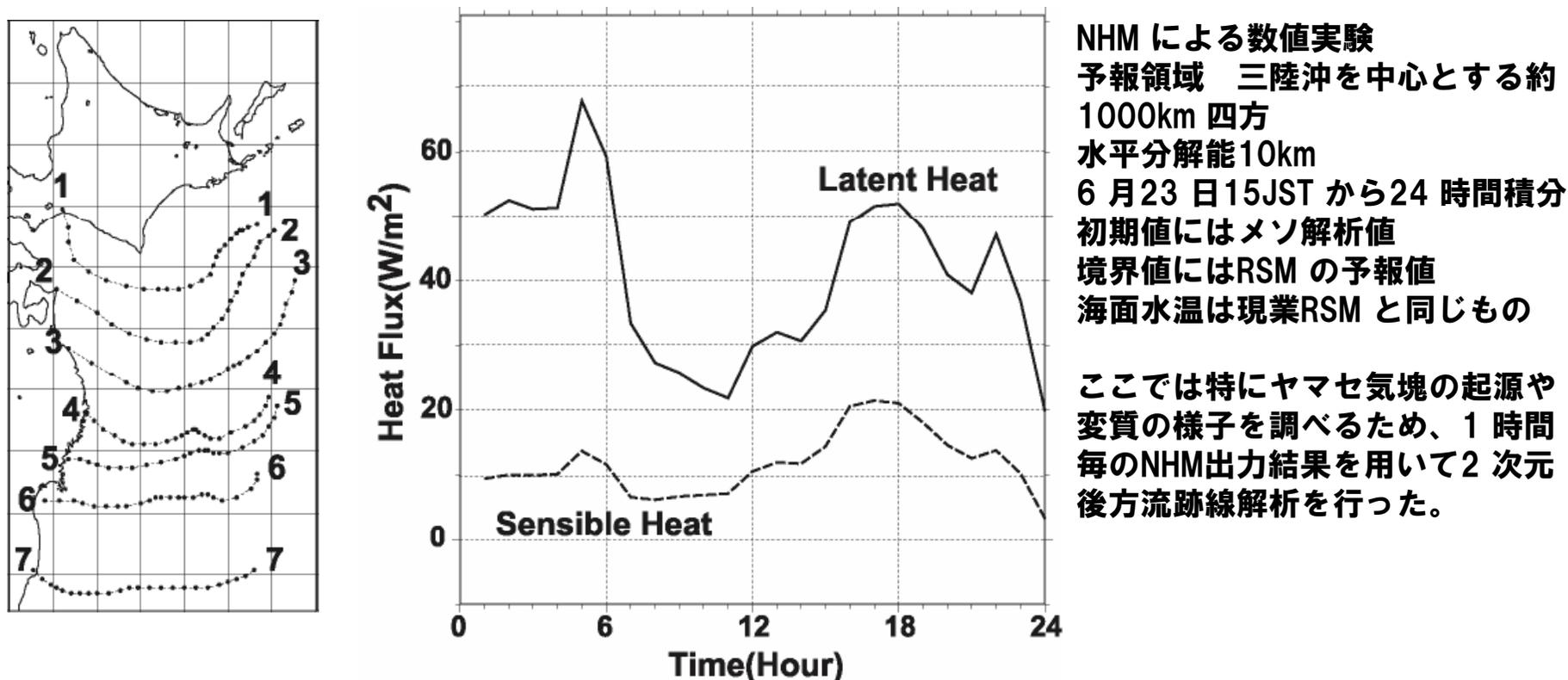


図9（左図）北日本太平洋沿岸に置かれた7個の粒子と、その前24時間バクトラジェクトリ。（右図）粒子4の軌跡に沿った顕熱・潜熱フラックス[W/m²]の時間発展。

粒子はほぼ東からやってきているが、さらに時間を遡れば北東方向から流れてくる。ヤマセに伴う下層寒気は、 $10\sim 20\text{W/m}^2$ の顕熱と $20\sim 70\text{W/m}^2$ の潜熱を受けている。すなわち、海上からの加熱及び水蒸気の補給が成層を不安定化し、対流混合層の発達に寄与している要因の1つである。ただし、対流混合層の発達については、水蒸気の凝結加熱、雲頂での放射冷却・蒸発冷却およびそれぞれの相互作用を加味した熱・放射収支解析を行って定量的に評価すべきであろう。

参考文献

古川洋一,伊藤司(1996):岩手県の稲作と気温.東北技術だより,13,53-70.

古村麗奈(2004):青森県における2003年の冷夏と稲作.東北技術だより,21,62-69.

太田琢磨,松井和雄(2006):2003年6月21~25日高風丸が観測したヤマセの 대기構造について,23,1-10.

次は

季節予報技術検討資料、気象研究所との共同研究研究成果報告書、気象庁技術報告などから大循環やブロッキングの話・・・？