

グリーンカーテンプロジェクト 平成22年度 実施報告書

—一つの植物による壁面の温度上昇の抑制効果—

平成23年3月31日

首都大学東京

理工学研究科 グリーンカーテンプロジェクト

理工学研究科 グリーンカーテンプロジェクト 平成22年度 実施報告書
—つる植物による壁面の温度上昇の抑制効果—

目次

巻頭写真	i
I はじめに	1
II 研究組織および研究費	2
III つる植物による壁面の温度上昇の抑制効果	
はじめに	3
方法	5
結果	6
考察	10
資料	12

巻頭写真

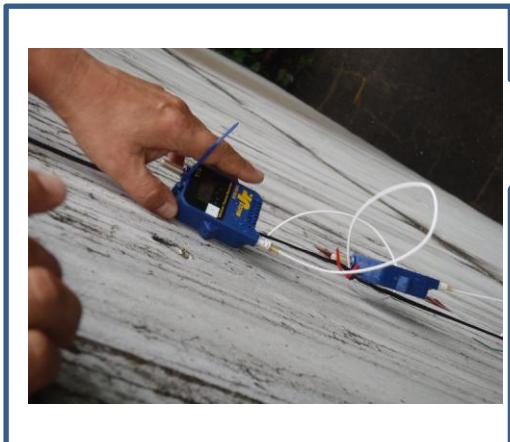


写真 1-1 壁面に設置した温度ロガー



写真 1-2 グリーンカーテン実験風景
(飼育棟前)

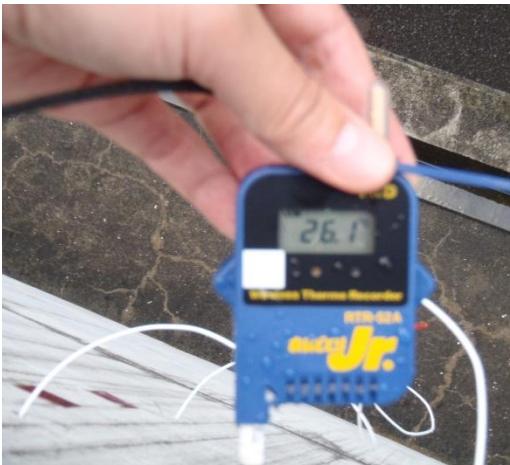


写真 2 温度ロガー



写真 3 気象測定タワー
(緯度 N35° 37'18",
経度 E139° 23'39",
高度 標高 129m)

I　はじめに

東京都が平成 22 年 4 月に改正施行した「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」により南大沢キャンパスは CO₂ 排出総量の削減義務を負うこととなった。また、国も同時期に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」を改正施行し、法人全体としてもエネルギー消費原単位年平均 1 %以上低減の努力義務をもとめられた。このような背景のもと、エコキャンパス・グリーンキャンパス推進委員会が設置され、各キャンパス部会を中心に義務達成計画が検討されてきた。検討項目の多くは、CO₂ 排出量に直接換算できる電力消費の削減に関連するものであるが、植物による日陰や蒸発散に伴う気化熱による冷却効果として生態学分野で研究されている植物の環境形成作用などの間接効果については検討が必ずしも十分とは言えない。

そこで、生命科学専攻では、平成 21 年度に学生・教職員による自主的な活動として、牧野標本館前、動物飼育棟、11 号館裏、8 号館 4 階ベランダなどでゴーヤ、ヘチマ、ヒヨウタンなどのツル性のウリ科植物を栽培し、夏季における植物による壁面温度上昇の抑制効果について予備実験を行った。その結果をふまえ、平成 22 年度に、理工学研究科研究推進室から資金援助を得て、植物によるいわゆる「グリーンカーテン効果」を定量的に評価することを目的とした実証実験を実施した。本報告書はその結果をとりまとめたものである。

本研究を遂行するにあたり、都市環境科学研究科地理環境科学域の高橋日出男教授から学内で計測している日射量、気温、降水量などのデータの提供を受けた。また、実験の実施およびデータ解析にあたり、森林総合研究所多摩森林科学園非常勤職員の森廣信子氏、理工学研究科リサーチアシスタントの近藤日名子氏の協力を得た。プロジェクトを代表して感謝申し上げる。

平成 23 (2011) 年 3 月

理工学研究科グリーンカーテンプロジェクト代表
小柴 共一（理工学研究科 生命科学専攻）

II 研究組織および研究費

研究代表者

小柴 共一 理工学研究科生命科学専攻・教 授

研究分担者

可知 直毅 理工学研究科生命科学専攻・教 授
黒川 信 理工学研究科生命科学専攻・准教授
村上 哲明 理工学研究科生命科学専攻・教 授

研究協力者

近藤日名子 理工学研究科生命科学専攻・リサーチアシスタント
高橋日出男 都市環境科学研究科地理環境科学域・教授
森廣 信子 森林総合研究所多摩森林科学園・非常勤職員

研究費

物品費	605,000 円
人件費	395,000 円

総 計	1,000,000 円
-----	-------------

III つる植物による壁面の温度上昇の抑制効果

はじめに

壁面に沿ってつる植物を育て、日を遮って室内の温度上昇を抑え、冷房に使うエネルギーを抑えることがおこなわれるようになったが、その効果がどの程度あるのか、また従来用いられてきた簾と比べても効果が大きいのか、またはそうではないのかを検証するために、日のあたるコンクリート製の壁面を利用して温度変化を比較した。

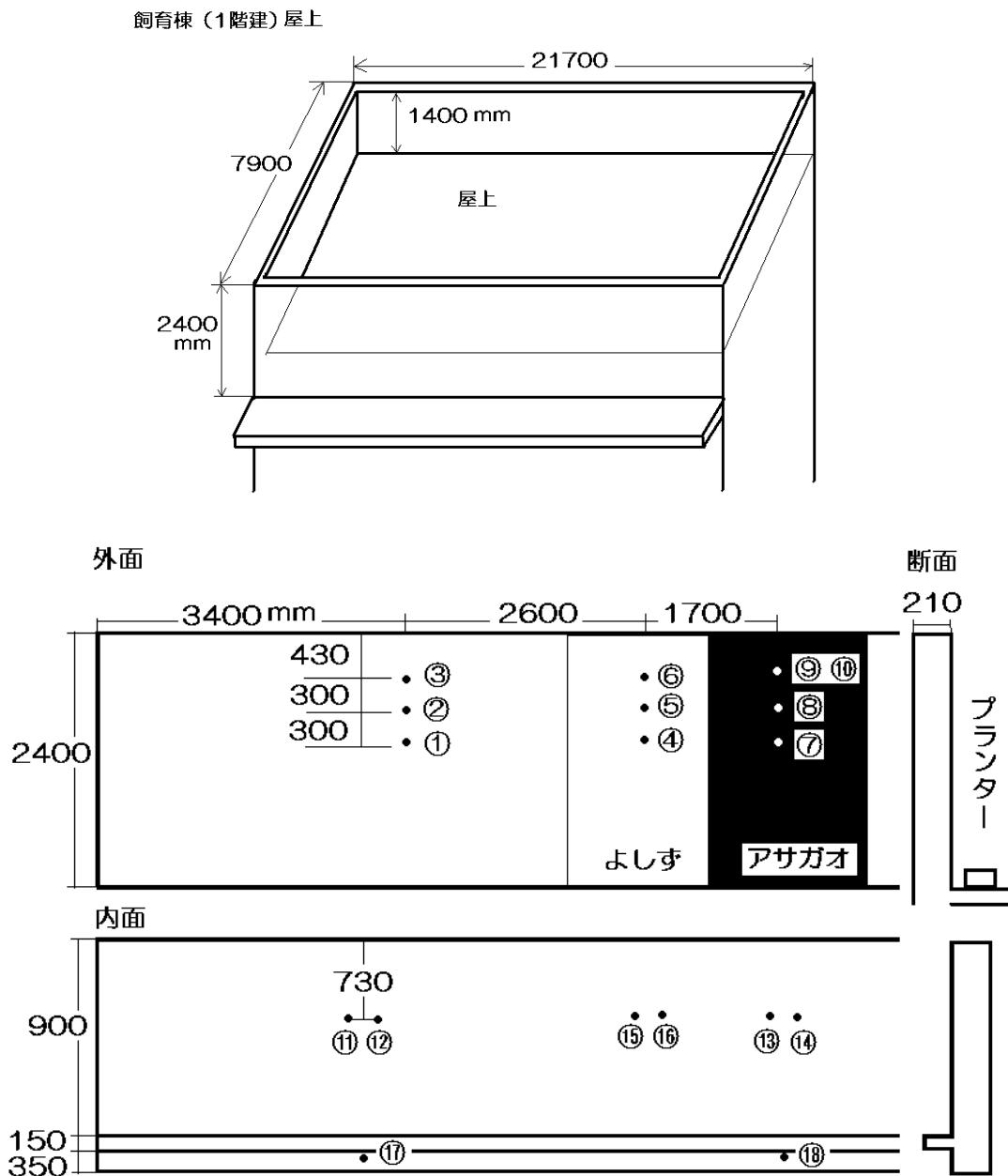


図 1 実験に用いた飼育棟屋上の状態と温度センサーの位置



図2 アサガオによる壁面の被覆とよしずによる被覆の状態

方法

首都大学東京構内の飼育棟の南南西向きの壁面に、よしづの簾で遮光した部分（よしづ区と呼ぶ）およびリュウキュウアサガオ（多年生つる植物）で壁面を被う部分（アサガオ区）を隣接して作り（図1、2）、厚さ210mmの壁の外側、上端から430mm、730mm、930mmの位置に深さ40mmの穴をあけて温度センサーを設置し、リュウキュウアサガオが十分育った7月24日17時から1時間ごとに温度を記録した。よしづ区に隣接した何にも被われない壁面（開放区）にも同様にして、同じ高さに温度センサーを設置した。実験に用いた壁面は他の建物や樹木の影等の影響を受けないところにあり、夏の間は一日中直射日光が当たる。

このうちアサガオ区の壁上端から430mmの位置の温度センサーが8月8日以降異常な値を示したので、8月16日から同じ位置に新たな温度センサーを設置した。

8月16日17時から壁の内側、開放区とアサガオ区の裏側に当たる部分に、上端から730mmの位置に深さ40mmの穴をあけて温度センサーを設置、同様の記録をとった。さらに9月4日19時から、よしづ区の裏側にも同様にして温度センサーを設置した。

また、9月4日19時から、一日中日影になる位置に温度センサーを設置し、壁面付近の気温を測定した。温度センサーの位置は図2、表1に示す。

表1 設置した温度センサーの位置と記録期間

	壁の上端から430mm	壁の上端から730mm	壁の上端から930mm	測定期間
開放区	3	2	1	7月24日17時～10月29日10時
よしづ区	6	5	4	7月24日17時～10月29日10時
アサガオ区	9、10※	8	7	7月24日17時～10月29日10時
開放区壁内面		11、12		8月16日17時～10月29日10時
よしづ区壁内面		15、16		9月4日19時～10月29日10時
アサガオ区壁内面		13、14		8月16日17時～10月29日10時
日影外気	17、18			9月4日19時～10月29日10時

※8月8日以降9のセンサーが異常値を示したため、8月16日からNo.10の温度センサーを設置、このため同位置のデータは8月8日から8月16日16時までは欠測となった。

アサガオはプランターに植えて常に自動的に給水するようにし、水切れを起こさないように育てた。またよしづは最初1枚だったが、9月3日から2枚重ねた。

このほか、大学構内の別の場所で気象データを常時記録しており、これらの値も参照した。降水量は気象データとは別の場所で記録をしていたものを使った。

結果

実験期間中の気象を表 2 に要約する。7-8 月は高温の晴天が続き、雨はほとんど降らなかった。実験期間のうち 7 月 24 日から 8 月いっぱいまでの 39 日間で、気温が 30 度を越えなかつた日は 9 日しかなく、9 月中旬までは 30 度を越える日があり、最高気温は 34.3°C (9 月 4 日) を記録した。9 月中旬からまとまった雨の降る日が多くなり、9 月下旬から気温の低下が顕著になった。実験期間中の日射量、気温および降水量の変化を図 3 に示す。

表 2 実験期間の気温、降水量の月別平均値

月	日数	日最高気温の平均値	日最低気温の平均値	日降水量の平均値
7	7	30.5	24.0	2.7
8	31	31.3	25.0	1.7
9	30	27.0	20.6	15.6
10	28	20.6	15.7	4.4

降水のあった日を除いた場合の気温

月	日数	日最高気温の平均値	日最低気温の平均値
7	6	31.9	24.3
8	24	31.9	25.1
9	18	30.1	22.8
10	20	21.1	15.6

外壁の温度

最高温度の月平均値を比較すると（表 3）、開放区は気温よりもかなり高温になり、開放区に比べて、よしず区（1 枚）では 0.8-2.3 度、アサガオ区では 1.6-3.3 度低い。しかし最も温度の低いアサガオ区でも気温よりやや高くなつた。9 月 4 日からよしずを 2 枚重ねたが、壁面温度の日最高値はほとんど変わらなかつた。10 月には日最高温度が顕著に下がり、アサガオ区、よしず区とも開放区との差は小さくなつた。日最高温度に達する時刻は、開放区では 13 時、よしず区、アサガオ区では遅れて 15 時から 17 時になつた。

降水のあった日を除くと（表 4）、この差はそれぞれよしず区（1 枚）で 1.4-2.3 度、アサガオ区では 2.4-4.2 度と大きく、日射の直接の影響を抑える効果がみられる。よしずを 2 枚にした場合は 2.9 度の差があり、1 枚よりも強い効果があつたが、アサガオ区には及ばない。気温が下がる 10 月には、この差はすべての区で小さくなつた。

同時刻の壁面温度の差の日最大値の平均を比較すると（表 5）、対象と比べてよしず区では 1.4-2.8 度、アサガオ区では 2.4-4.1 度低く、降水のあった日を除くと（表 6）、この差はよしず区で 1.9-3.4 度、アサガオ区では 2.3-5.0 度となり、晴天時の温度上昇を抑える効果が、アサガオで大きい。よしずを 2 枚重ねた場合は、壁面の日最高温度を 0.6-0.7 度下げる効果があつた。日最高温度よりも差が大きくなるのは、壁面の温度の上昇が、アサガオ区、よしず区で開放区より遅れていることが原因であり、開放区との差が最大になる

のは正午、アサガオ区とよしづ区で壁面の温度が最大になるのは 15—17 時だった。

表 3 最高温度の月平均値

(1) 壁の外側

	アサガオ区			よしづ区			開放区		
センサー番号	9(10)	8	7	6	5	4	3	2	1
7月	32.0	31.6	30.9	32.8	32.2	31.9	33.6	33.4	33.1
8月	32.6	31.6	30.8	33.0	32.4	32.0	34.5	34.5	34.1
9月	27.0	26.7	26.2	27.8	27.5	27.2	29.7	29.5	29.4
10月	19.8	19.7	19.5	20.7	20.1	19.0	21.5	21.5	21.2
生起時刻の最頻値	17	17	17	17	16	15	13	13	13

(2) 壁の内側

	日影外気		よしづ区		アサガオ区		開放区	
センサー番号	18	17	16	15	14	13	12	11
8月					34.5	34.9	36.1	36.2
9月	27.3	27.5	26.7	26.9	27.6	27.8	29.3	29.3
10月	20.9	21.2	20.1	20.2	19.9	20.0	21.0	21.0
生起時刻の最頻値	15	15	16	16	16	16	15	16

表 4 降水のあった日を除いた場合の最高気温の月平均値

(1) 壁の外側

	アサガオ区			よしづ区			開放区		
センサー番号	9(10)	8	7	6	5	4	3	2	1
7月	33.2	32.6	31.8	34.2	33.5	33.2	35.6	35.1	34.8
8月	32.8	32.3	31.4	33.9	33.3	32.8	35.6	35.4	35.1
9月	29.6	29.2	28.6	30.6	30.6	29.9	33.1	33.1	32.8
10月	20.4	20.2	20.0	21.0	20.7	20.4	22.4	22.2	22.0

(2) 壁の内側

	日影外気		よしづ区		アサガオ区		開放区	
センサー番号	18	17	16	15	14	13	12	11
8月					34.7	35.1	36.3	36.4
9月	31.0	31.3	29.7	29.8	30.7	30.9	32.7	32.7
10月	21.7	22.0	20.7	20.8	20.5	20.6	21.9	21.8

表5 同時刻における開放区外壁との温度差の日最小値の平均値

(1) 壁の外側

	アサガオ区			よしず区		
センサー番号	9(10)	8	7	6	5	4
7月	-3.0	-2.8	-2.9	-1.6	-1.4	-1.5
8月	-4.1	-3.9	-3.9	-2.3	-2.2	-2.3
9月	-3.9	-3.5	-3.8	-2.7	-2.6	-2.8
10月	-2.4	-2.4	-2.0	-1.6	-1.6	-1.7
生起時刻の最頻値	12	12	12	12	12	12

(2) 壁の内側

	日影外気		よしず区		アサガオ区		開放区	
センサー番号	18	17	16	15	14	13	12	11
8月					-3.8	-3.5	-2.1	-2.2
9月	-2.6	-2.5	-3.0	-3.0	-3.6	-3.4	-2.3	-2.4
10月	-1.9	-2.0	-1.9	-1.9	-2.1	-2.0	-1.3	-1.4
生起時刻の最頻値	0	0	12	12	12	12	11	11

表6 降水があった日を除いた場合の開放区外壁との温度差の日最小値の平均値

(1) 壁の外側

	アサガオ区			よしず区		
センサー番号	9(10)	8	7	6	5	4
7月	-4.0	-3.9	-3.8	-2.2	-2.0	-1.9
8月	-4.3	-4.5	-4.4	-2.7	-2.7	-2.6
9月	-5.0	-4.5	-4.8	-3.4	-3.4	-3.4
10月	-3.0	-2.4	-2.3	-2.0	-2.7	-2.0

(2) 壁の内側

	日影外気		よしず区		アサガオ区		開放区	
センサー番号	18	17	16	15	14	13	12	11
8月					-4.0	-3.7	-2.3	-2.4
9月	-2.9	-2.8	-4.0	-3.9	-4.4	-4.2	-2.9	-2.9
10月	-2.0	-2.2	-2.4	-2.4	-2.5	-2.4	-1.7	-1.8

温度センサーの高さによる差は、下のほうが低い傾向があるが、ごく小さい。

降水のない日の温度の日変化を比較すると、日中の温度は開放区の壁面で高い傾向があり、この傾向は小さいが一貫している（図 4）。

そこで開放区の温度に対し、よしず区、アサガオ区の温度の差をとて、その時間変化を見た（図 5）。晴れの日はよしず区、アサガオ区とも日射とともに差が大きくなり始めて正午前後に最大になり、その後はゆっくりと開放区の温度に近づくが、一致するのは日射のなくなった夜半以降になり、このころには開放区の温度も 30 度以下に下がっている。降水のあった日および雲の多い日は、この差は小さいか、ない。

アサガオ区とよしず区の比較では、温度変化の傾向はほぼ一致し、時間のずれもない。しかし開放区との差の大きさは、よしず区よりアサガオ区で大きく、これはよしずを 2 枚重ねてもあまり変わらなかった。

壁の内側の温度

最高温度の月平均値を比べると（表 3、4）、8 月には壁の外側より内側の方がわずかに高温になっている。ただし温度上昇が外壁より遅れるため、同時刻の温度を比較すると、壁の内側は外壁より温度が低い（表 5、6）。内側が最高温度に達するのは外壁とほぼ同じ時刻で、その時には外壁より 1 度程度高温になっている。外壁同様、この効果は降水のない日でより大きい。この傾向は 9 月、10 月には目立たなくなる。

外壁に対する温度差の変化をみると（表 5、図 6）、開放区では正午またはその前に外壁との差が最大になり、内壁は外壁より低い値を示すが、その後温度は上昇して 16 時ころには最大値に達し、外壁より高い温度になる。しかしよしず区では温度の差が小さく、温度は正午前にいったん外壁より高くなるが午後には逆に外壁より低くなり、夕方には差がなくなる。アサガオ区でも外壁との差は小さく、外壁が最高温度に達する時刻の少し前に差が大きくなる。8 月の最高温度は開放区同様外壁よりも少し高い。

開放区外壁に対するアサガオ区、よしず区の内壁の温度差の変化（図 7）は、正午前後に差が最大になり、開放区外壁より低い温度を示し、その差はアサガオ区では外壁と開放区外壁との差と同程度かやや小さく、よしず区ではやや大きい傾向があった。

日影外気の温度

大学構内の別の場所で得た気象データとほぼ一致する値が得られた（表 2、3、4）。開放区外壁との差は、晴天で温度が上がるときの日中には大きくなり（図 8）、3 度に達する。開放区壁面より 2 度以上高い日があるが、降水のあった日とは一致せず、この理由はわからない。

考察

植物の葉は日射を遮り、壁面の温度の上昇を抑える効果がある。日射を遮るだけなら簾でも同じ効果が期待できるはずだが、アサガオ区に比べてよしず区での外壁温度の開放区との差は小さく、これはよしずを2重にしても埋められなかった。開放区外壁に対するアサガオ区外壁の温度は、最高温度の月平均で最大4.1度低く、同時刻で比べた時には日によっては6度以上低い時もあった。

よしず区の外壁温度は、開放区に比べて最高温度の月平均で最大2.8度にとどまり、同時刻で比べた時には5度に達した日もあったが、8月の高温が続いた時でも開放区より3~4度低い程度にとどまった。これはアサガオの葉群が、単に陽ざしを遮るだけでなく、蒸散によっても壁面の温度上昇を抑えている可能性があるが、8月中は湿度の高い高温が続いたので、どの程度効果があったか評価は難しい。

アサガオやよしずで陽ざしを遮った場合、晴天の日の正午前後に一旦は開放区との差が大きくなり、温度上昇が抑えられたが、高温が続く午後には徐々にアサガオ区、よしず区とも壁面の温度が上がり、開放区との差は小さくなっていた。これは気温の上昇によって壁全体が暖められたことと、コンクリート内部を熱が伝わって全体を暖めたことによるのだろう。それでも最高温度は開放区に比べて、7~9月はアサガオ区で2.8度~4.1度低く抑えられ、これは気温よりも若干低い。よしず区では開放区と比べた温度低下は1.4~2.8度だが、これは気温とあまり変わらない。それでも、降水のなかった日だけを比較すると、気温より若干低く、1.9~3.4度低くなっている。アサガオ区では、降水のなかった日だけを比べると、7~9月の開放区に対する温度低下は3.8~5.0度とさらに大きい。

壁の内側の温度は、外側から伝わってくる熱以外にも、空気や側面からも伝わる熱で暖められる。8月の開放区、アサガオ区の裏側に当たる場所が外側よりも少し高温になっているが、この理由はわからない。9月にはアサガオ区でのみ外壁側より温度が少し高くなっているほかは、外壁とほぼ同じか、少し低い。温度上昇は外壁より少し遅れる。

10月には気温が下がり、開放区とアサガオ区、よしず区との温度差も小さくなかった。

壁の温度上昇を抑える効果が最も必要なのは、高温が続く7月から9月中旬までであろう。この間の温度上昇を抑えるには、アサガオなどのつる植物によって壁面を被うことは、簾等のもので被うよりも効果が大きいが、その差は温度で数度程度の差であり、また夜間、早朝までには温度差は一旦消失する。

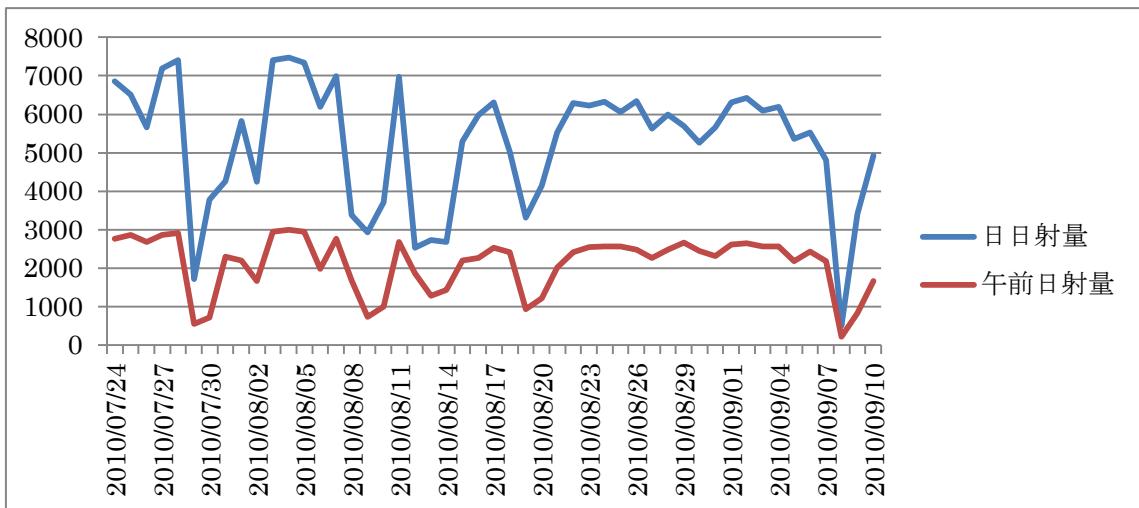
壁内側の温度が高温になっていたのは、屋上で開放空間となっていたため、部屋のような閉鎖空間であれば、少なくとも気温上昇の直接の影響は小さいであろう。厚みのあるコンクリート壁による温度上昇の遅れにより、日中の温度上昇が遅れる効果は期待できる。また外壁が植物で被われていれば、温度上昇の遅れはもう少し大きくなるだろう。ただ、そこで作り出される温度差は最大でも6度程度である。

さらに、この効果は植物が健全でないと期待できない。7月の気温が高くなる時期に十分に壁面を被うほど成長していることも必要である。適した植物を選ぶことと、水不足、栄

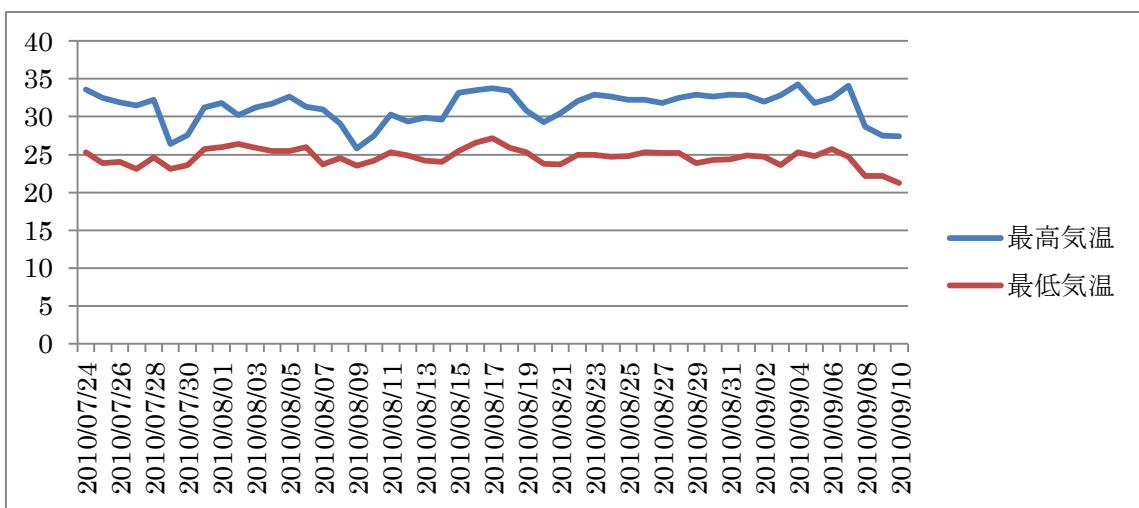
養不足を起こさないような管理がなされなければならない。

資 料

(1) 日射量



(2) 気温 (°C)



(3) 降水量 (mm)

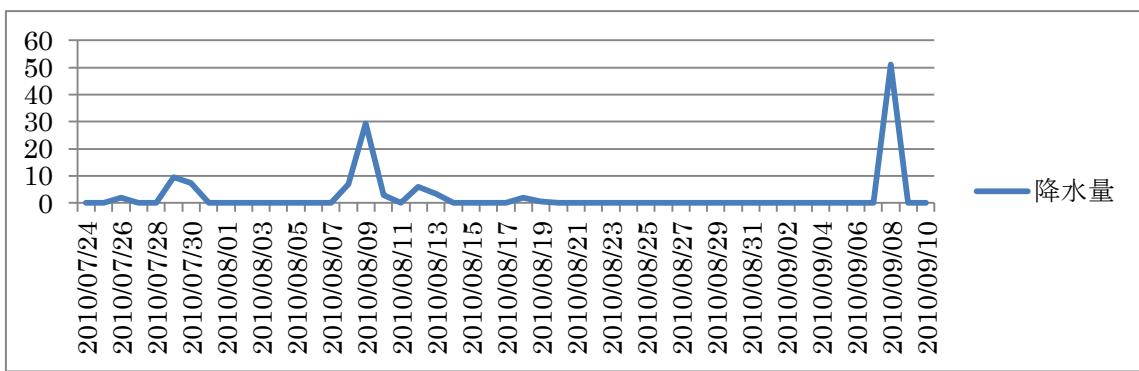
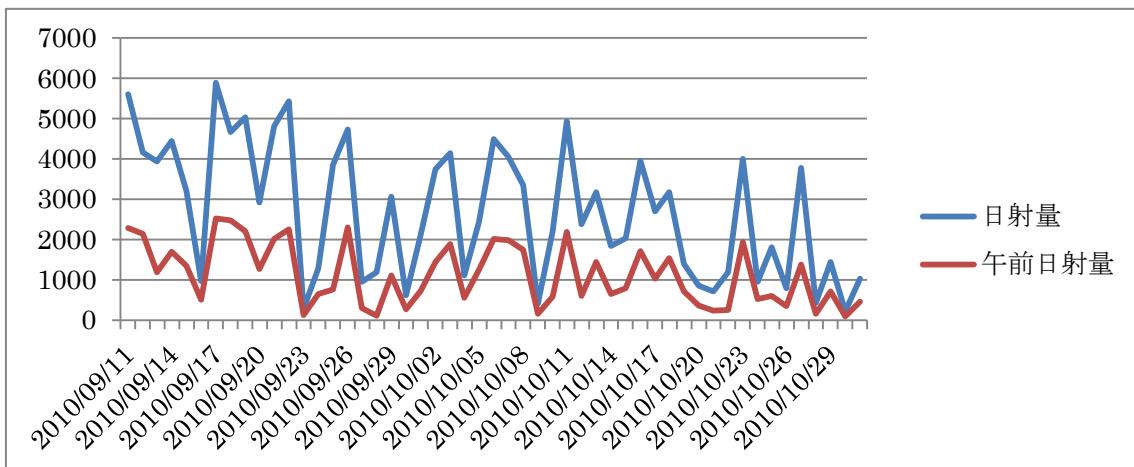
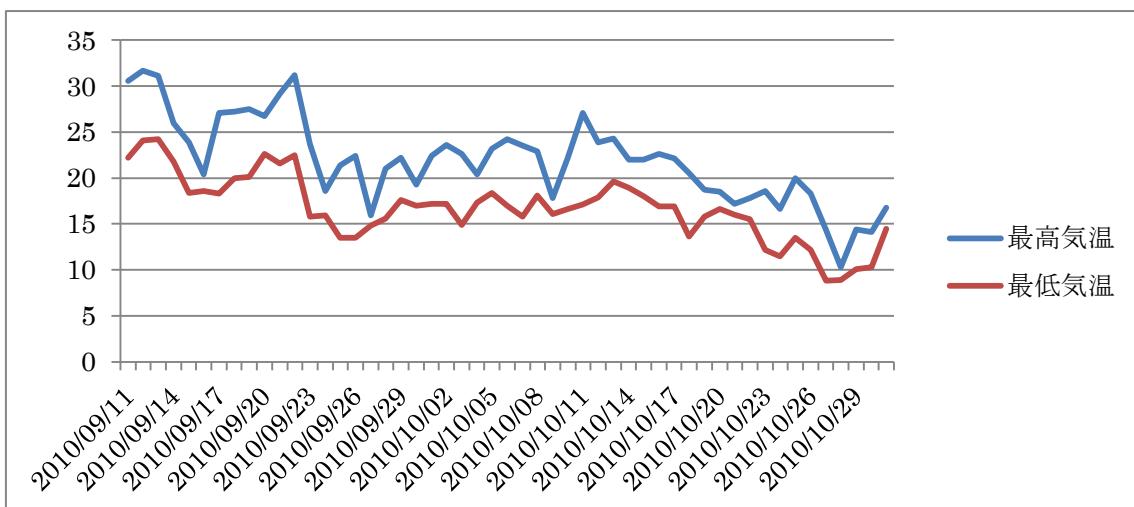


図 3 調査期間中の日射量、気温、降水量

(1) 日射量



(2) 気温



(3) 降水量

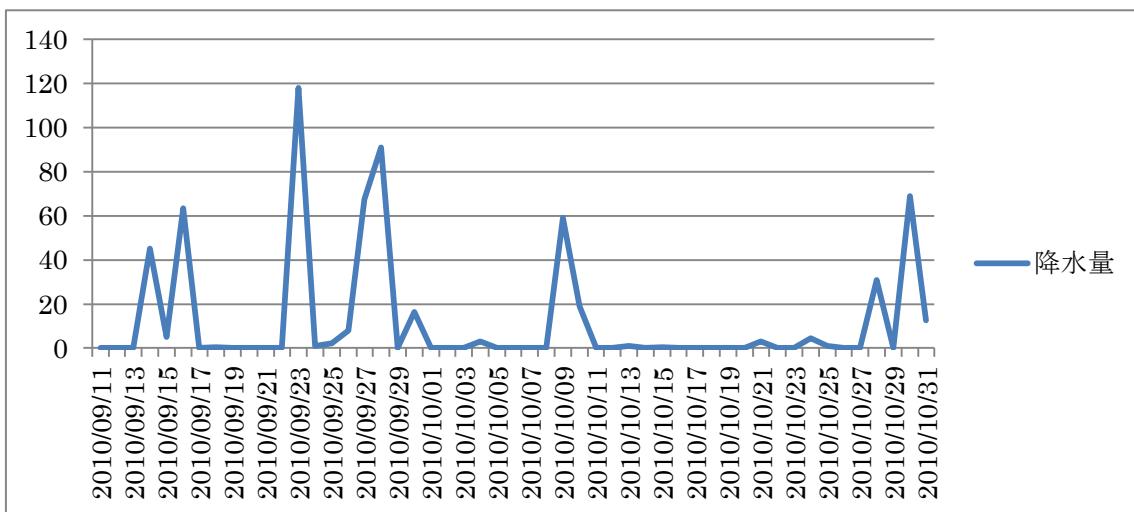


図3 続き

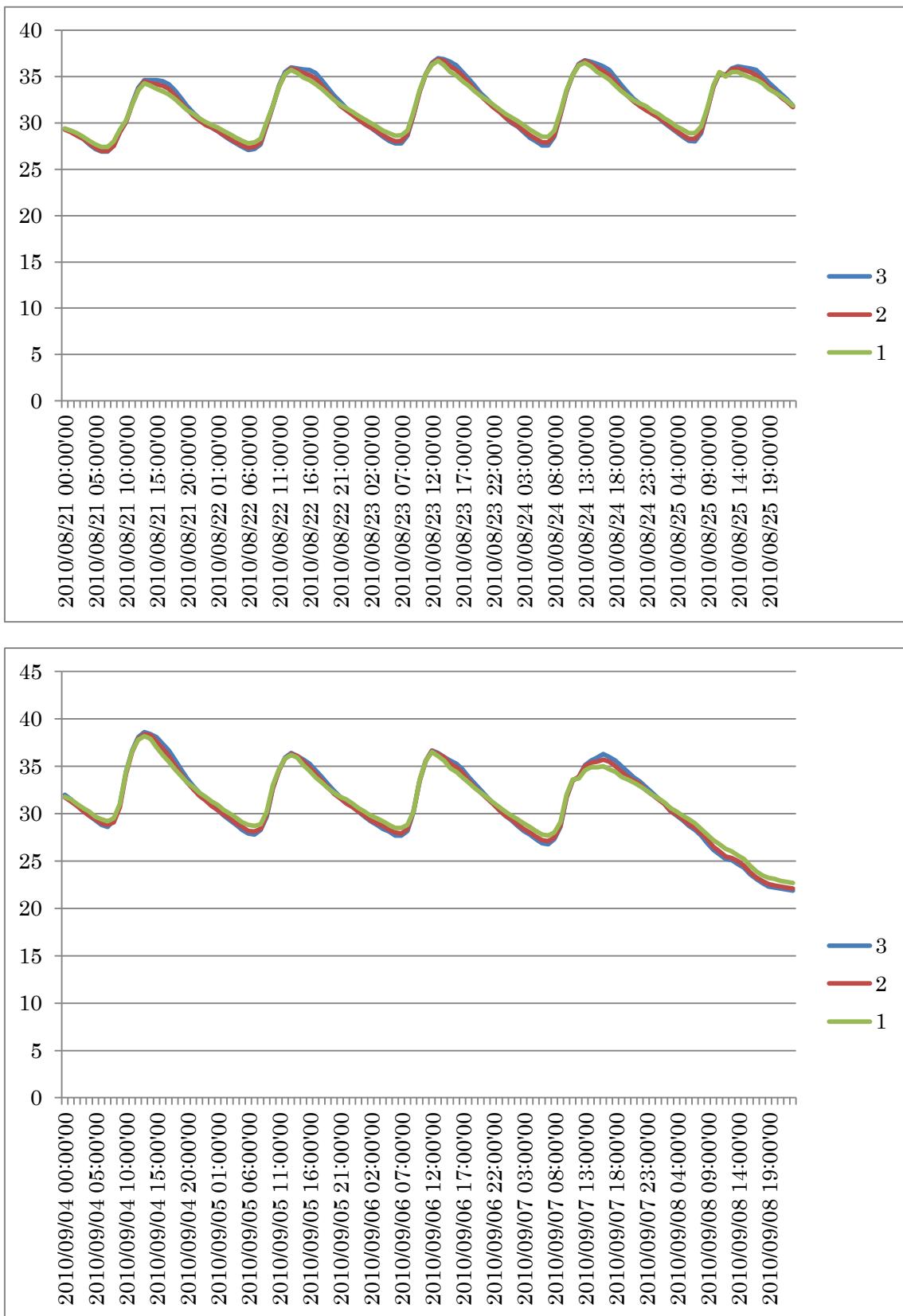


図 4 外壁の温度変化 (1) 開放区 番号は表 1 に対応

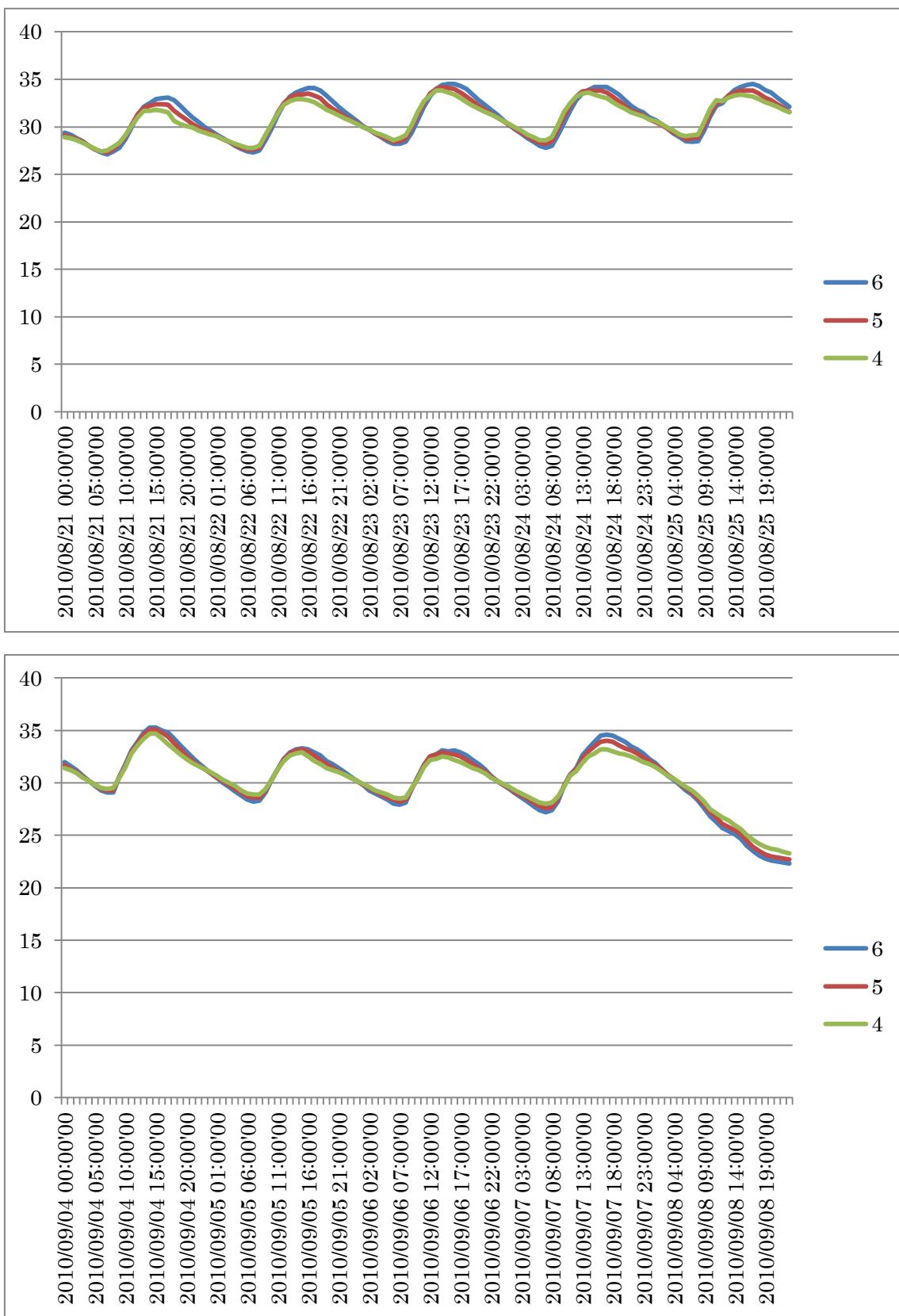


図4 外壁の温度変化 (2) よしづ区 上：よしづ1枚、下：よしづ2枚

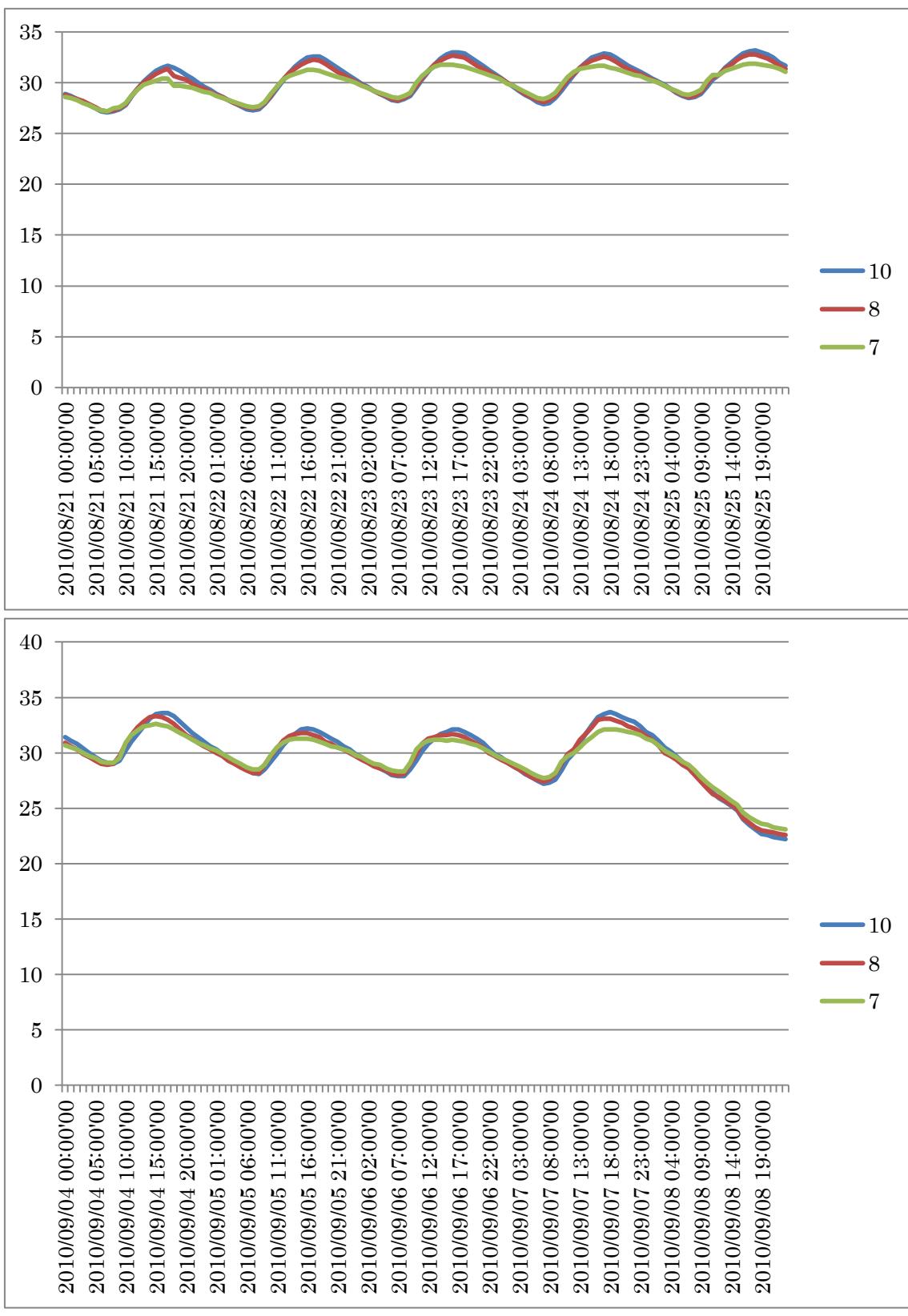


図4 外壁の温度変化 (3) アサガオ区

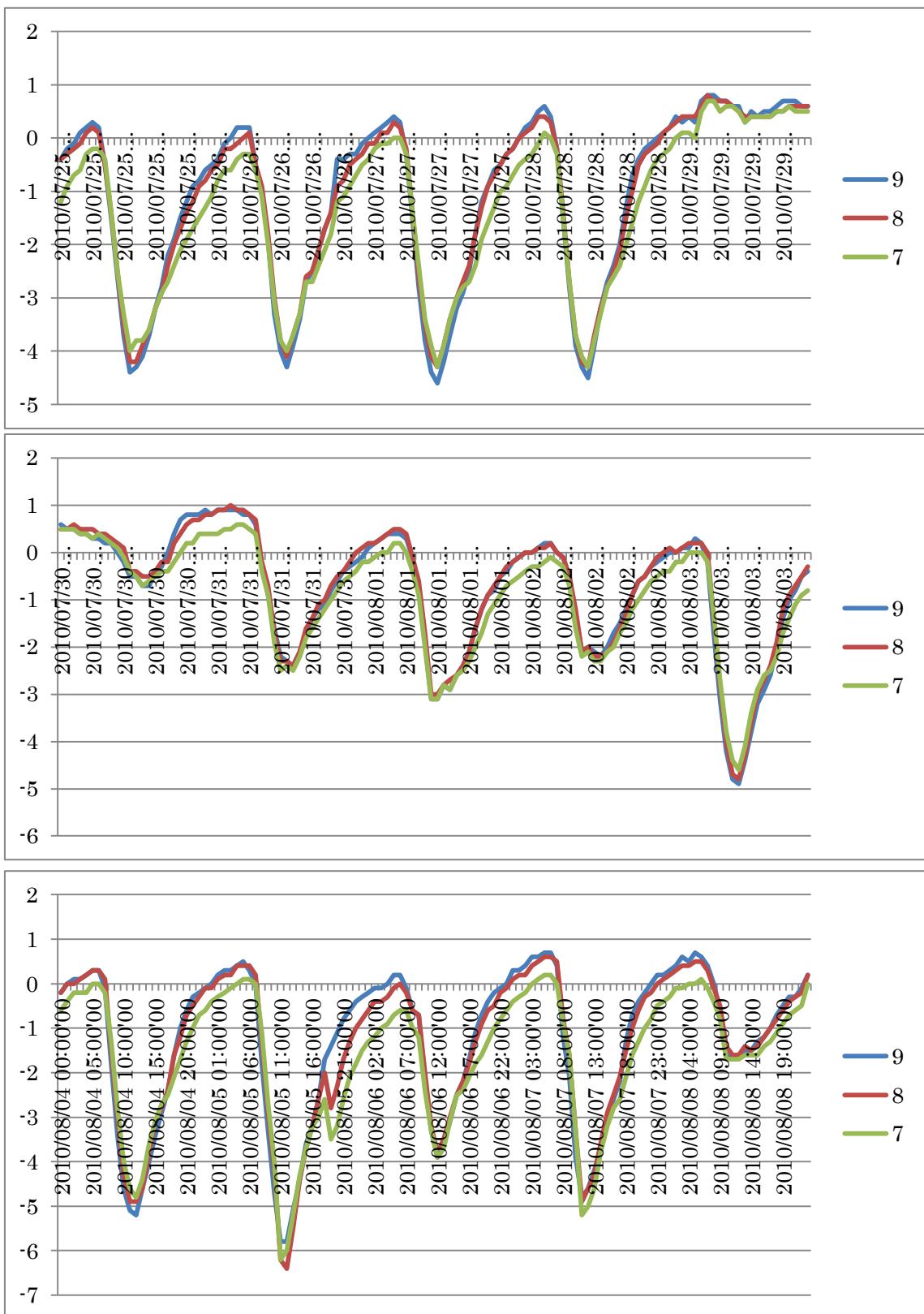


図 5 開放区に対する外壁の温度差の変化 (1) アサガオ区

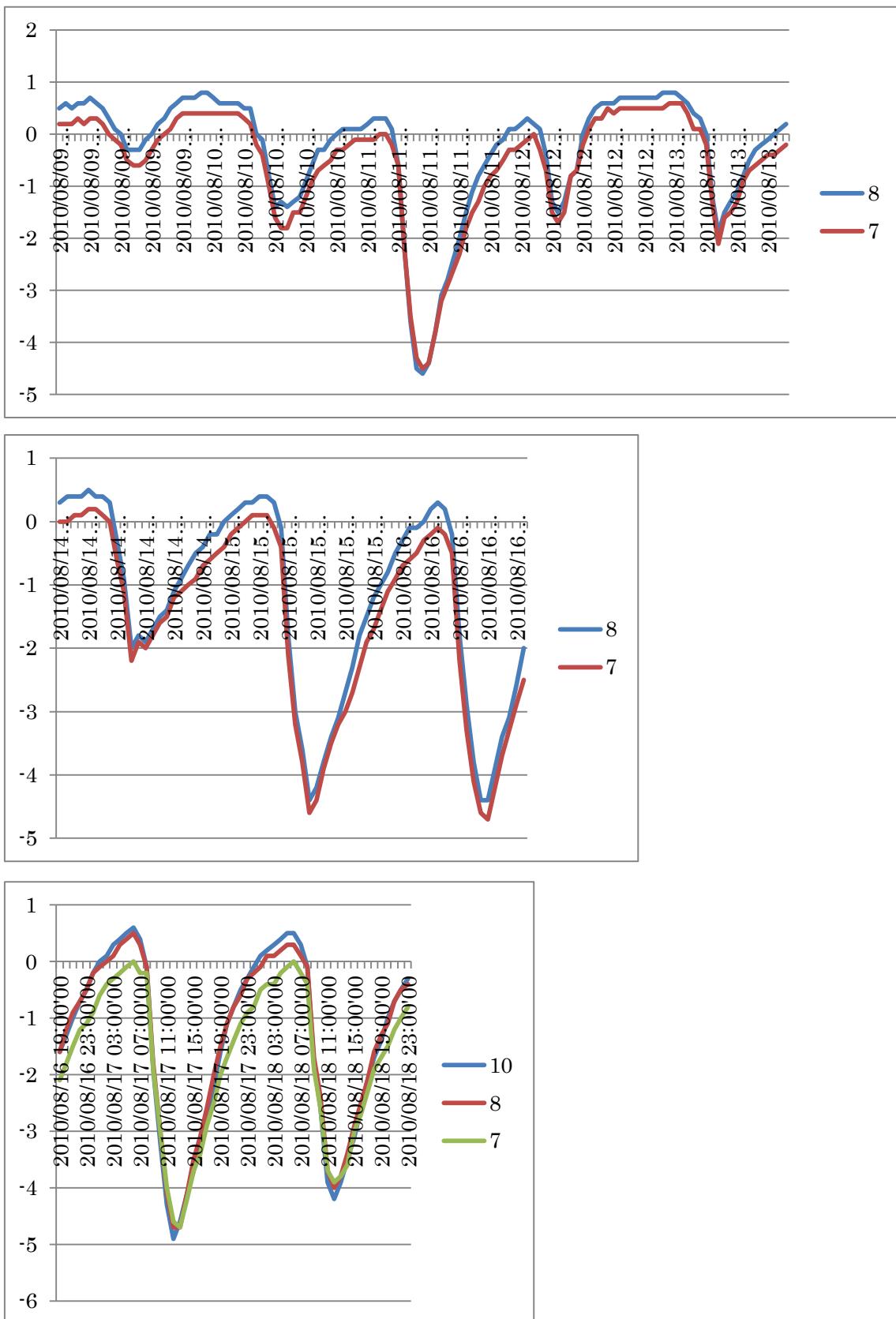


図 5 (1) アサガオ区 続き

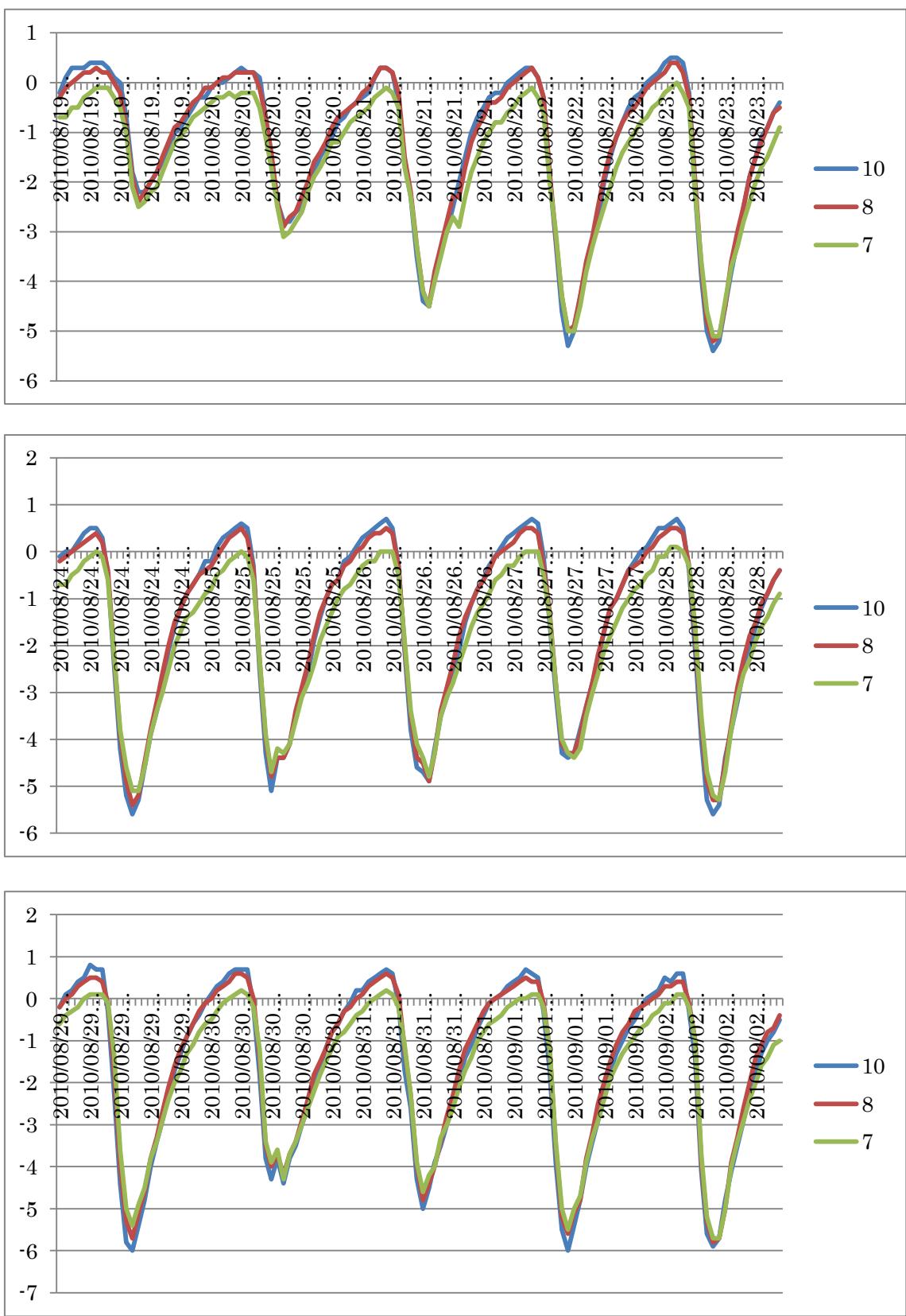


図5 (1) アサガオ区 続き

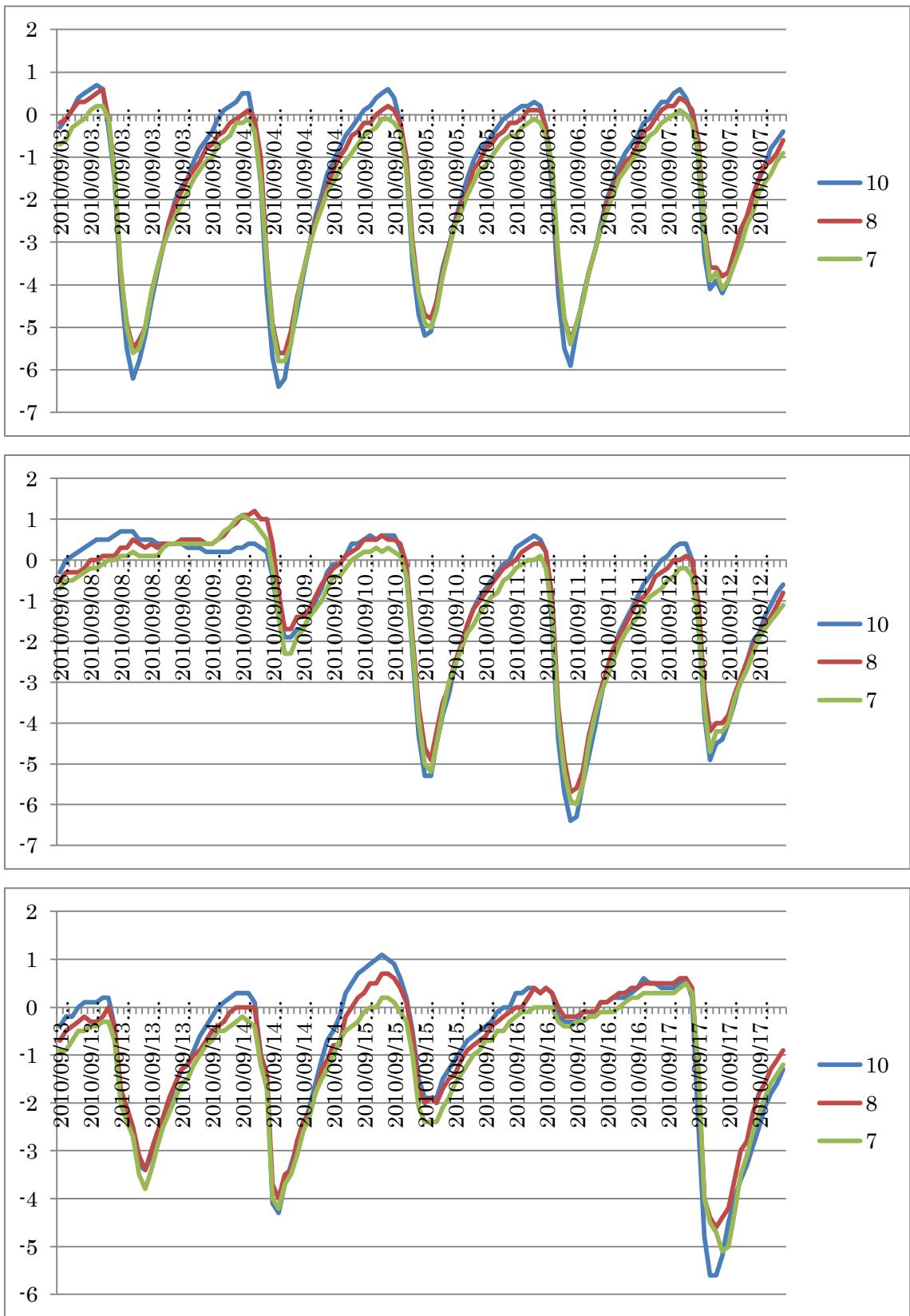


図5 (1) アサガオ区 続き

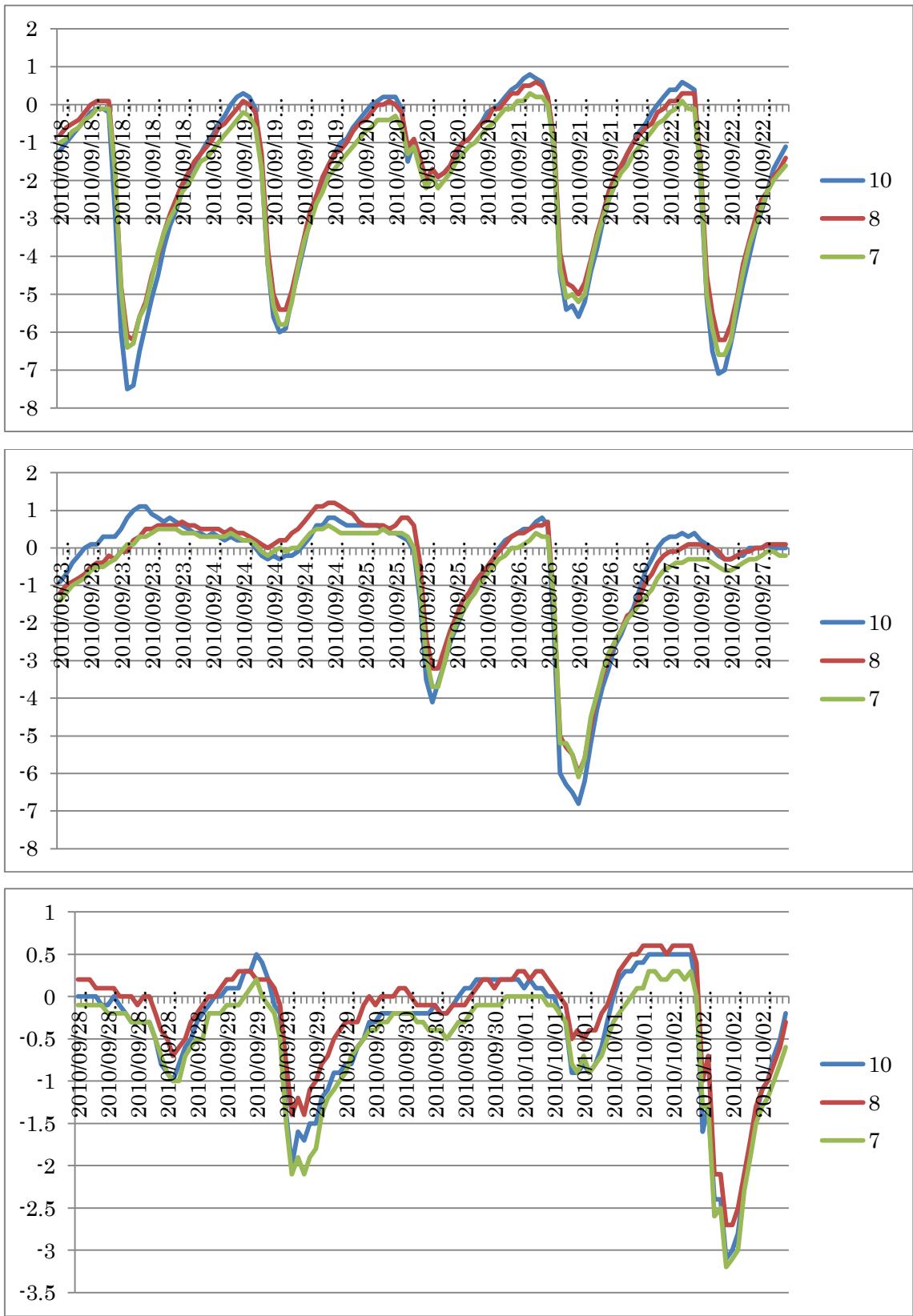


図5 (1) アサガオ区 続き

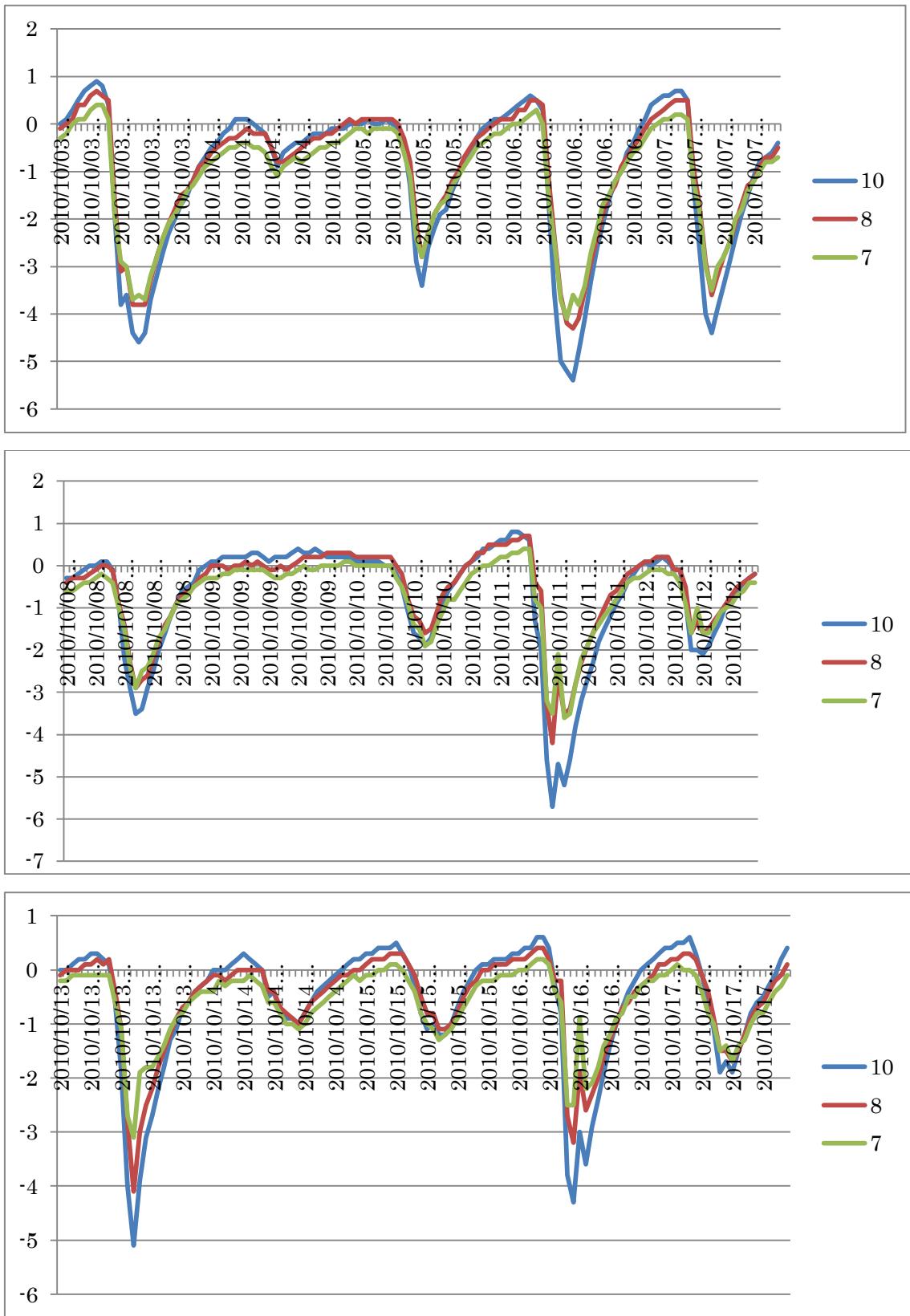


図5 (1) アサガオ区 続き

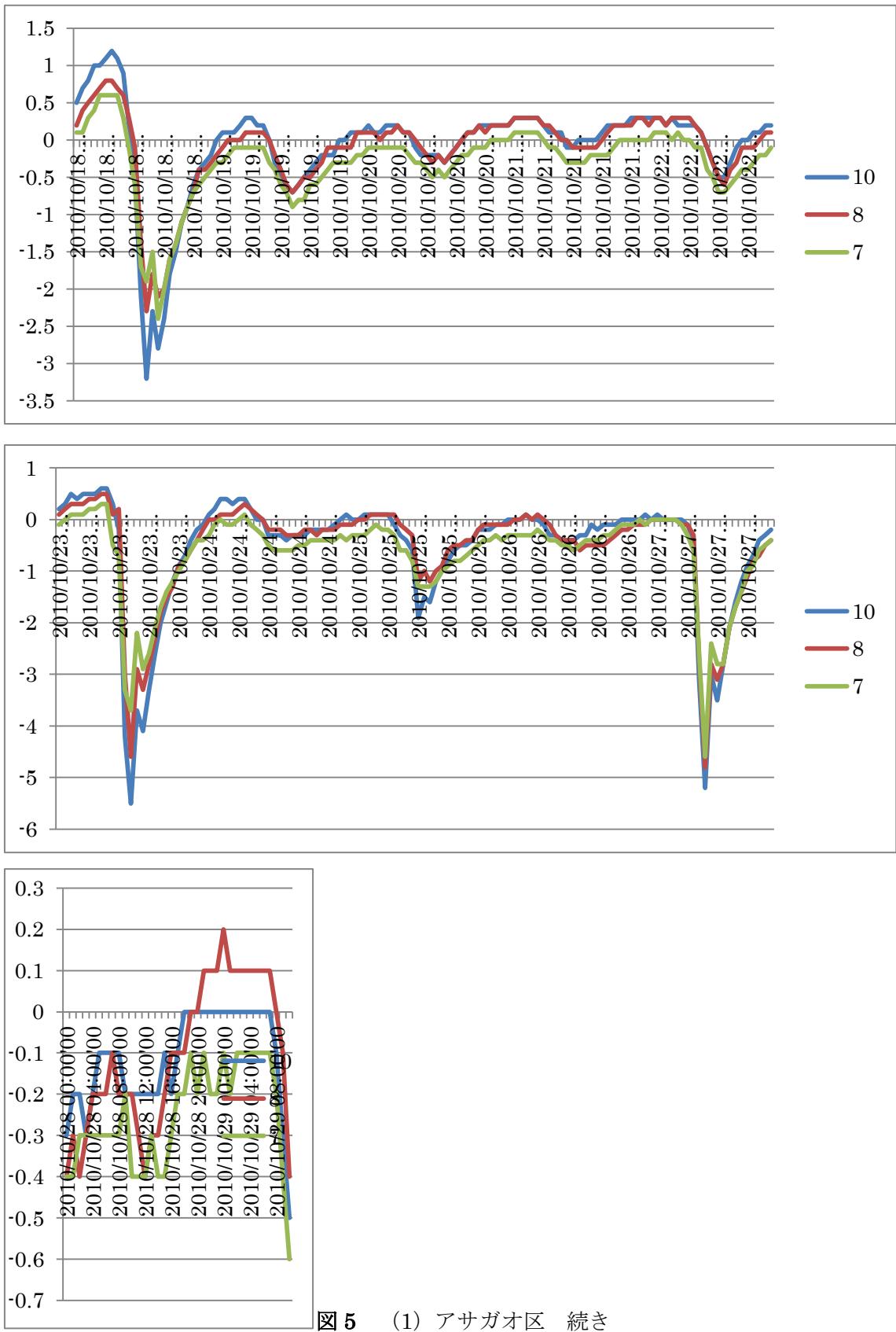


図5 (1) アサガオ区 続き

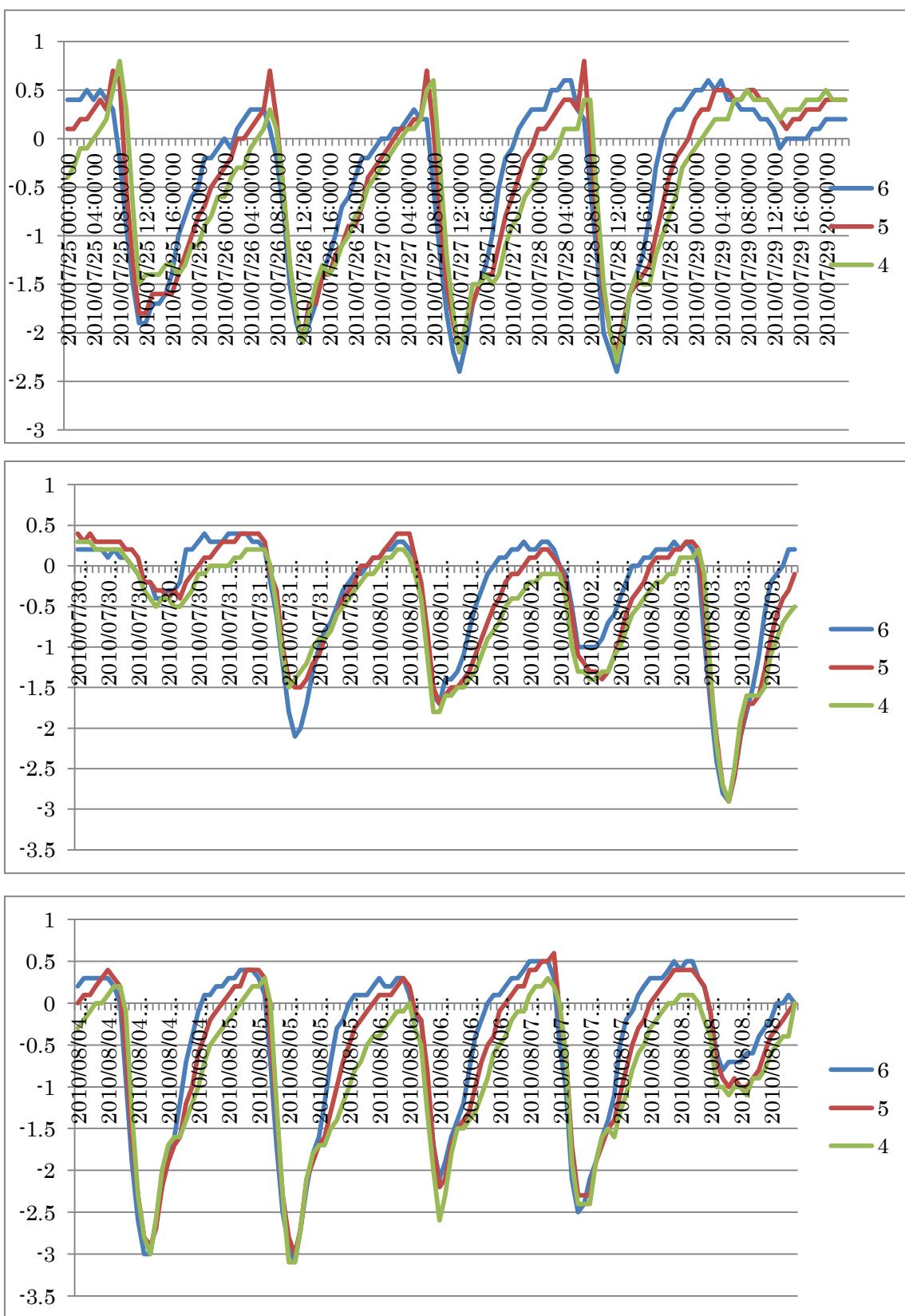


図 5 開放区に対する外壁の温度差の変化 (2) よしづ区

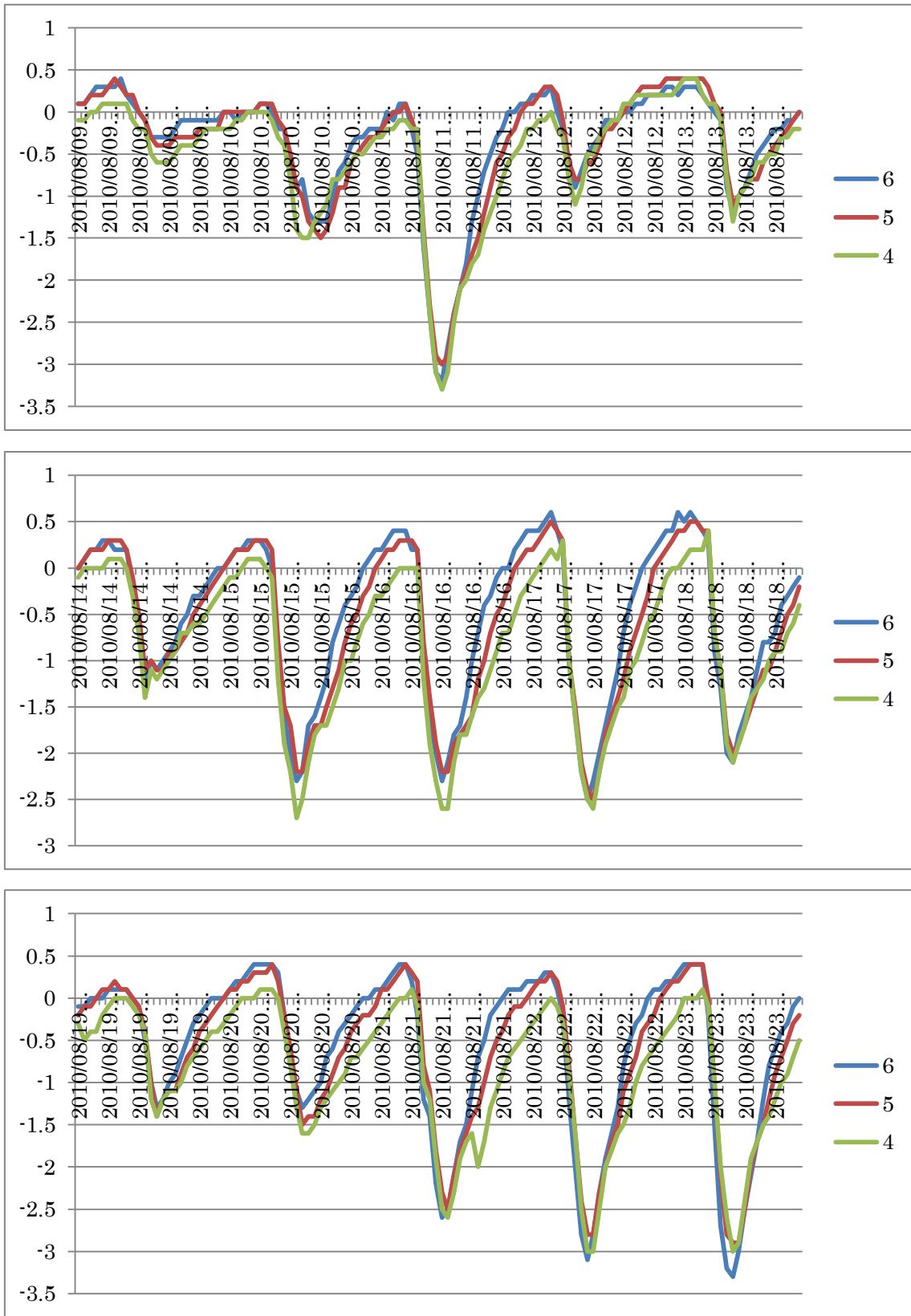


図 5 (2) よしず区 続き

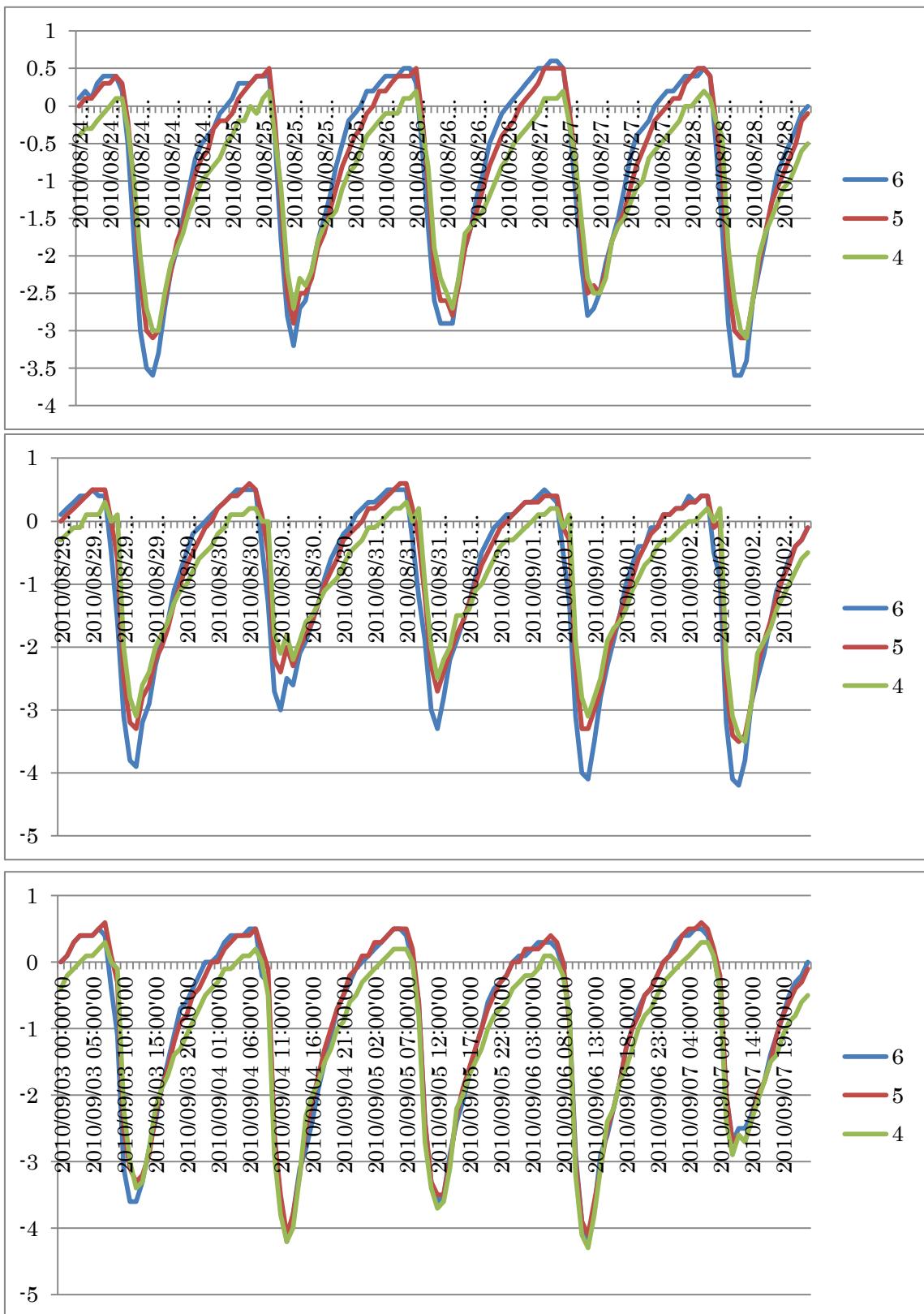


図 5 (2) よしず区 続き

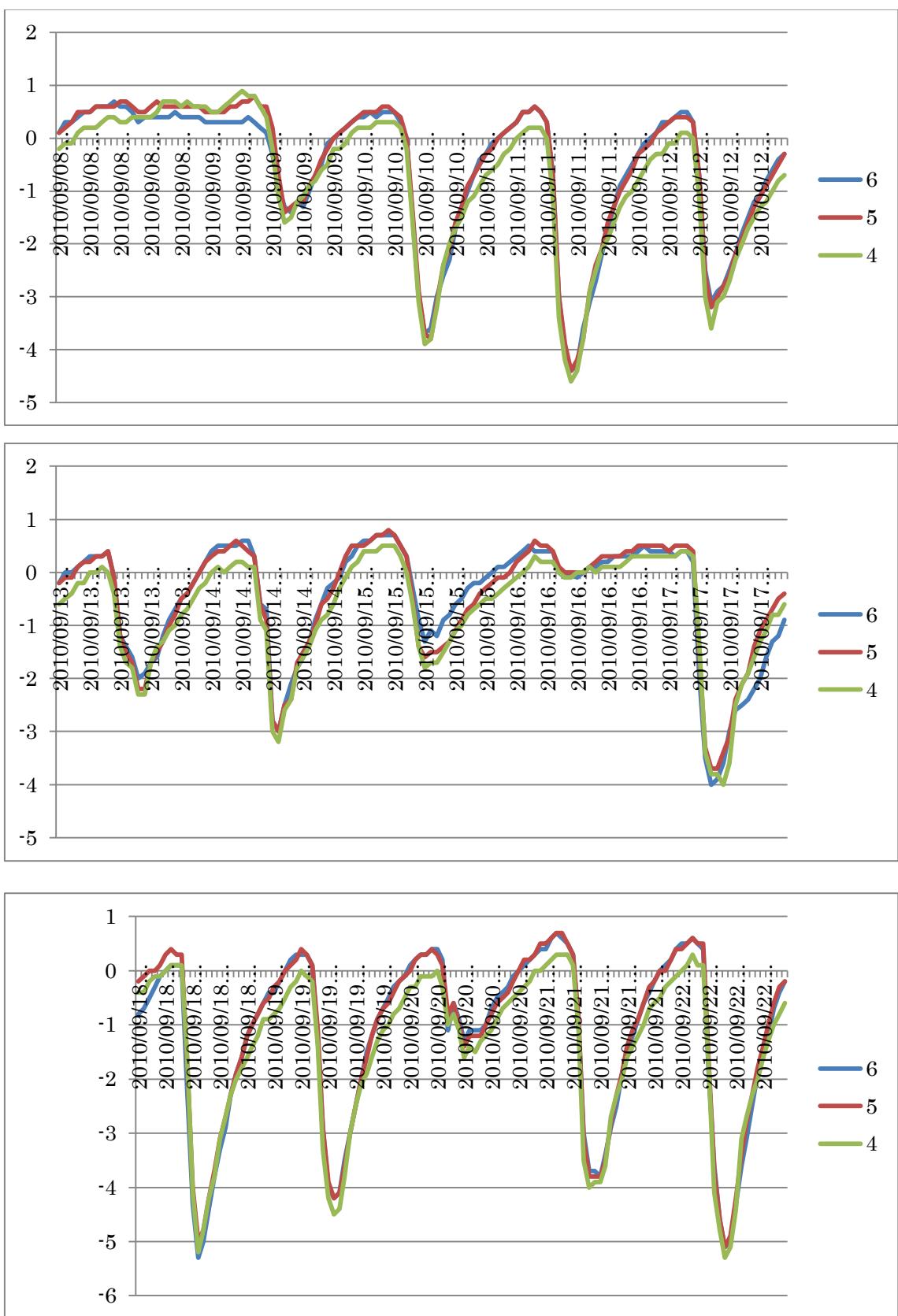


図 5 (2) よしず区 続き

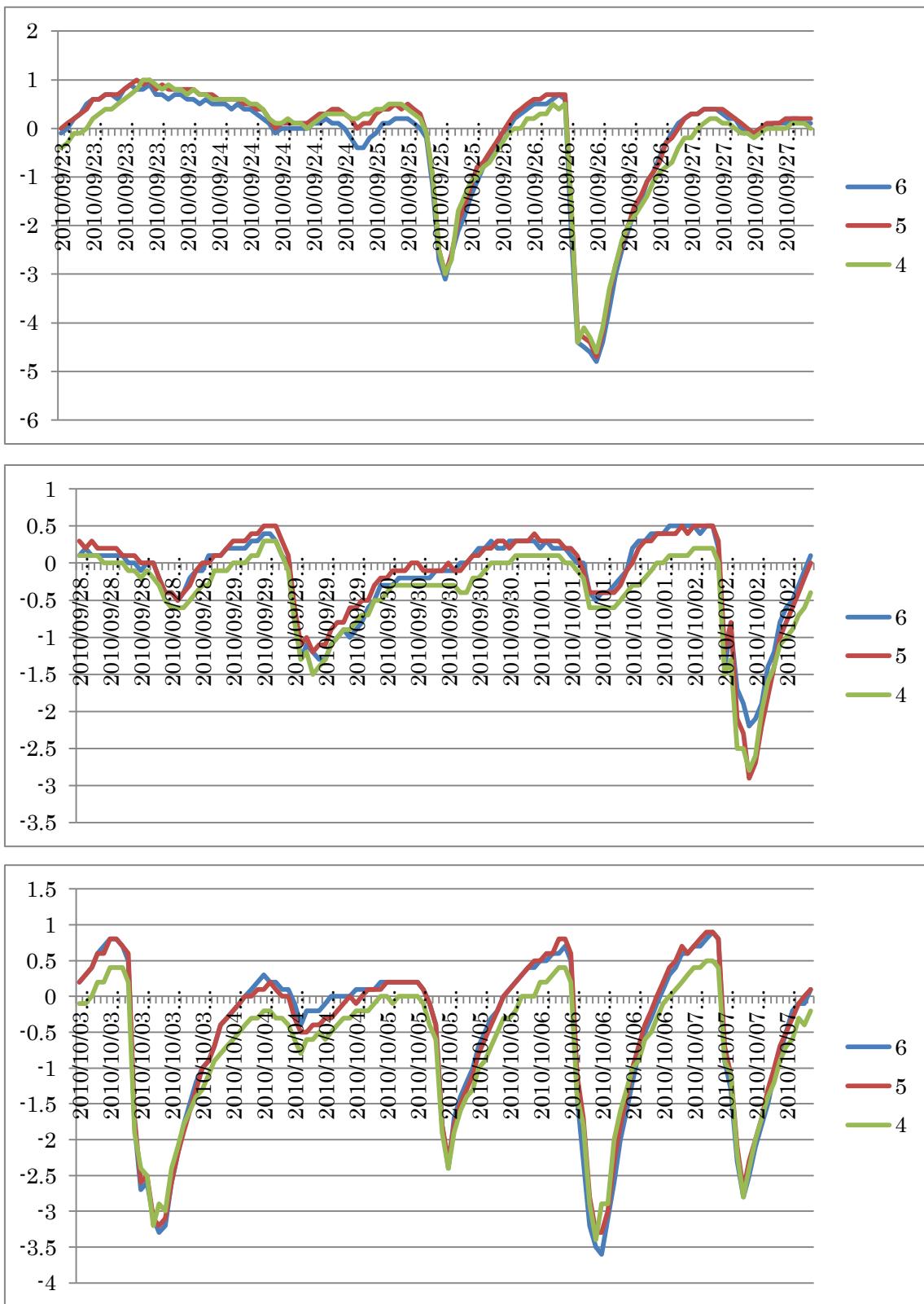


図 5 (2) よしず区 続き

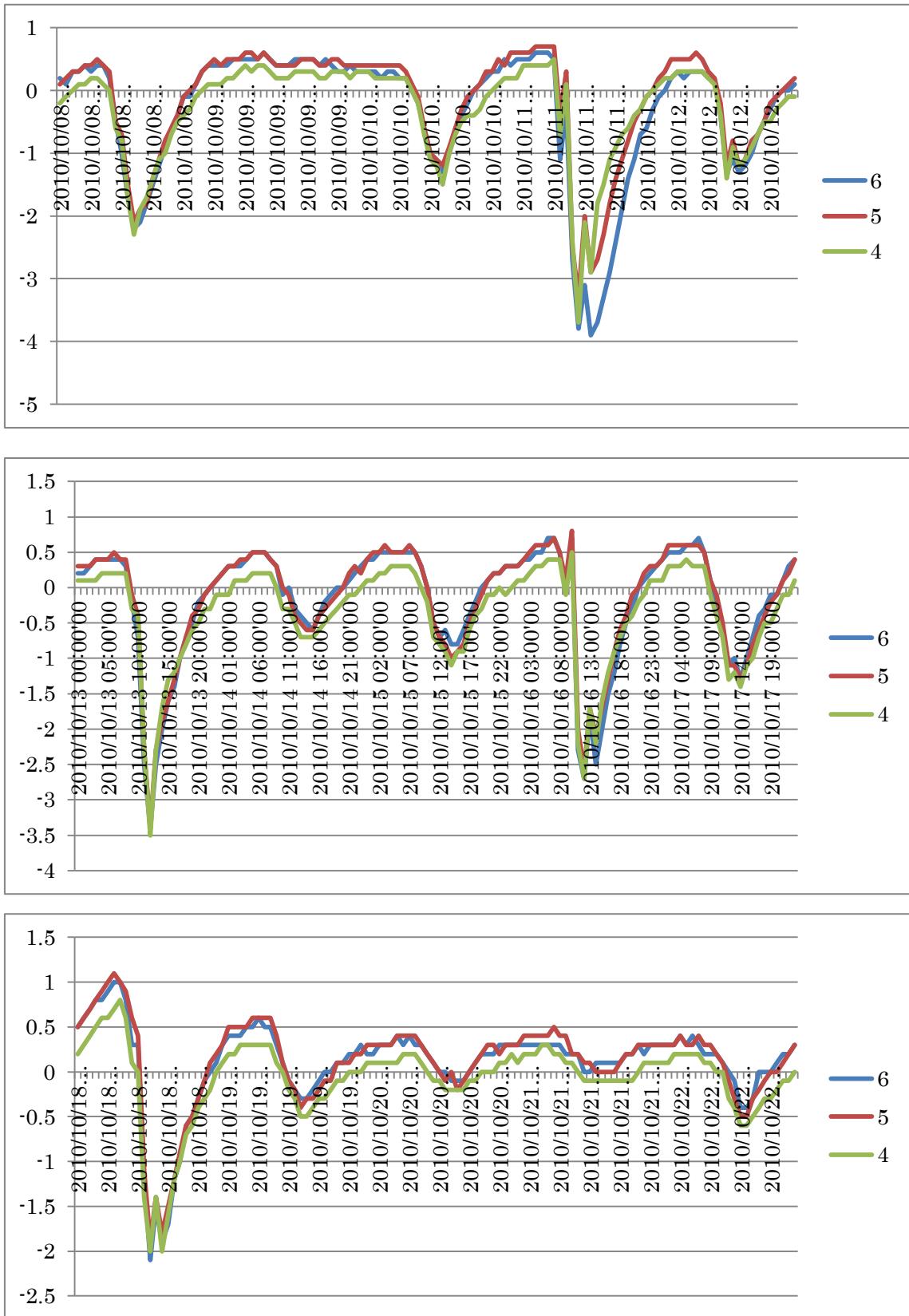


図 5 (2) よしづ区 続き

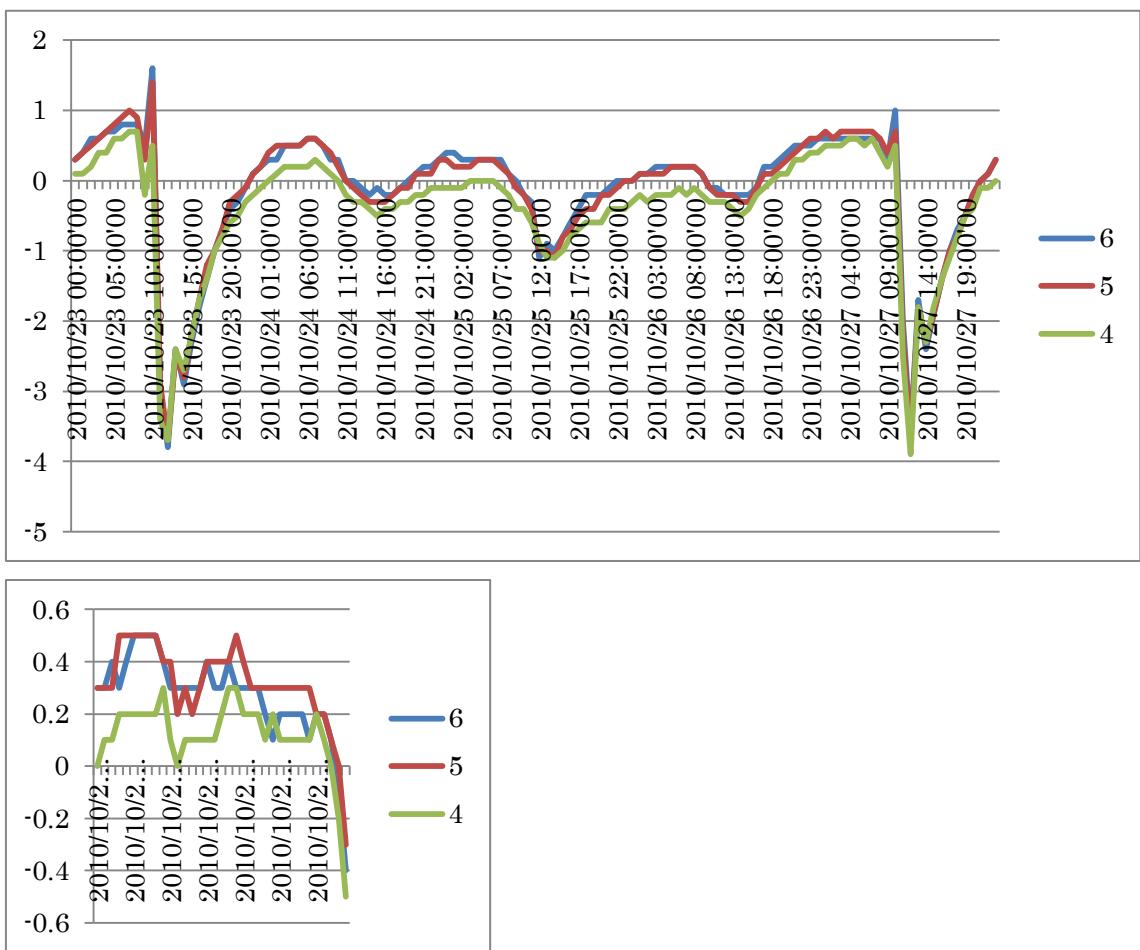


図5 (2) よしず区 続き

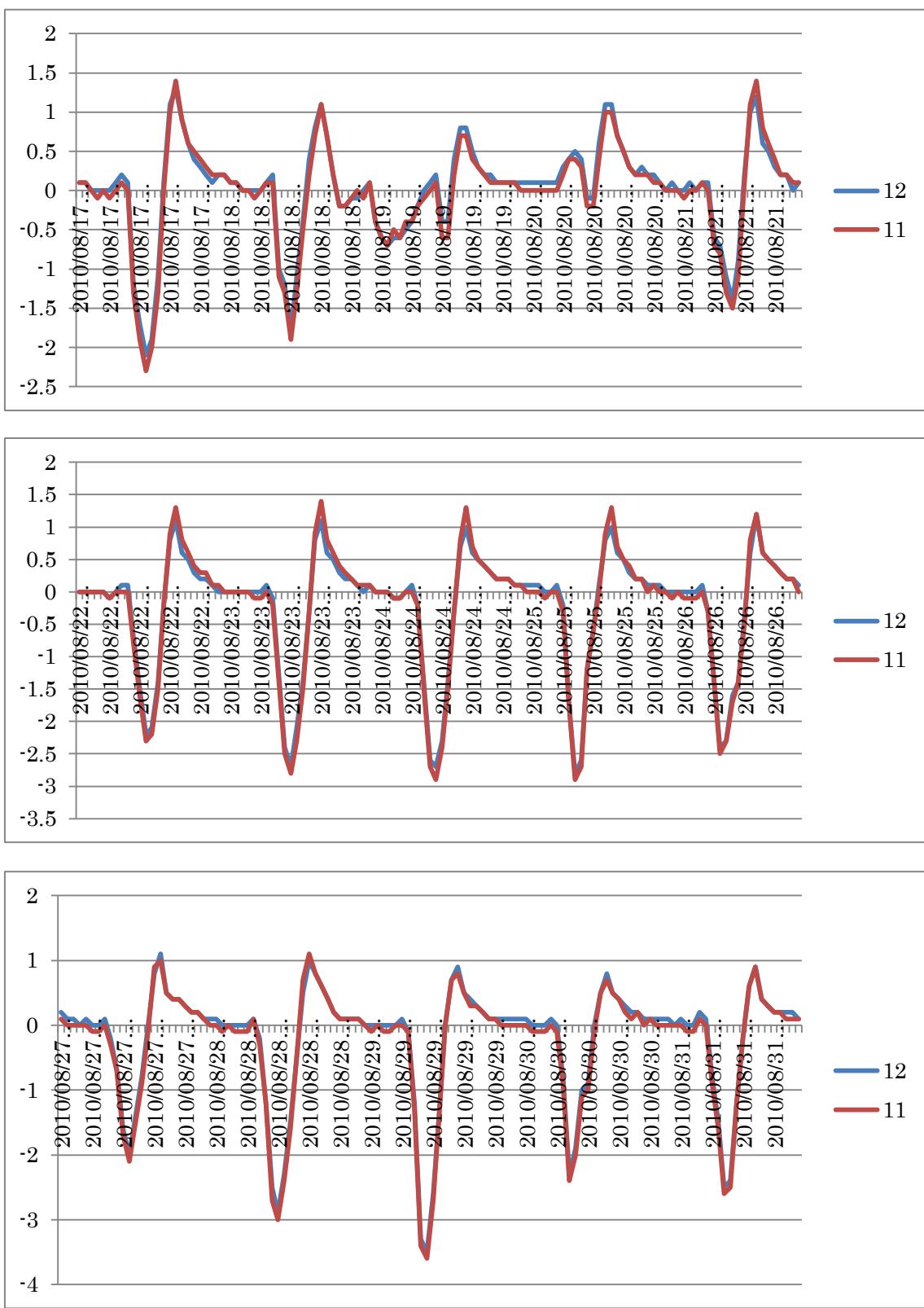


図 6 外壁に対する壁の内側の温度の差の変化 (1) 開放区

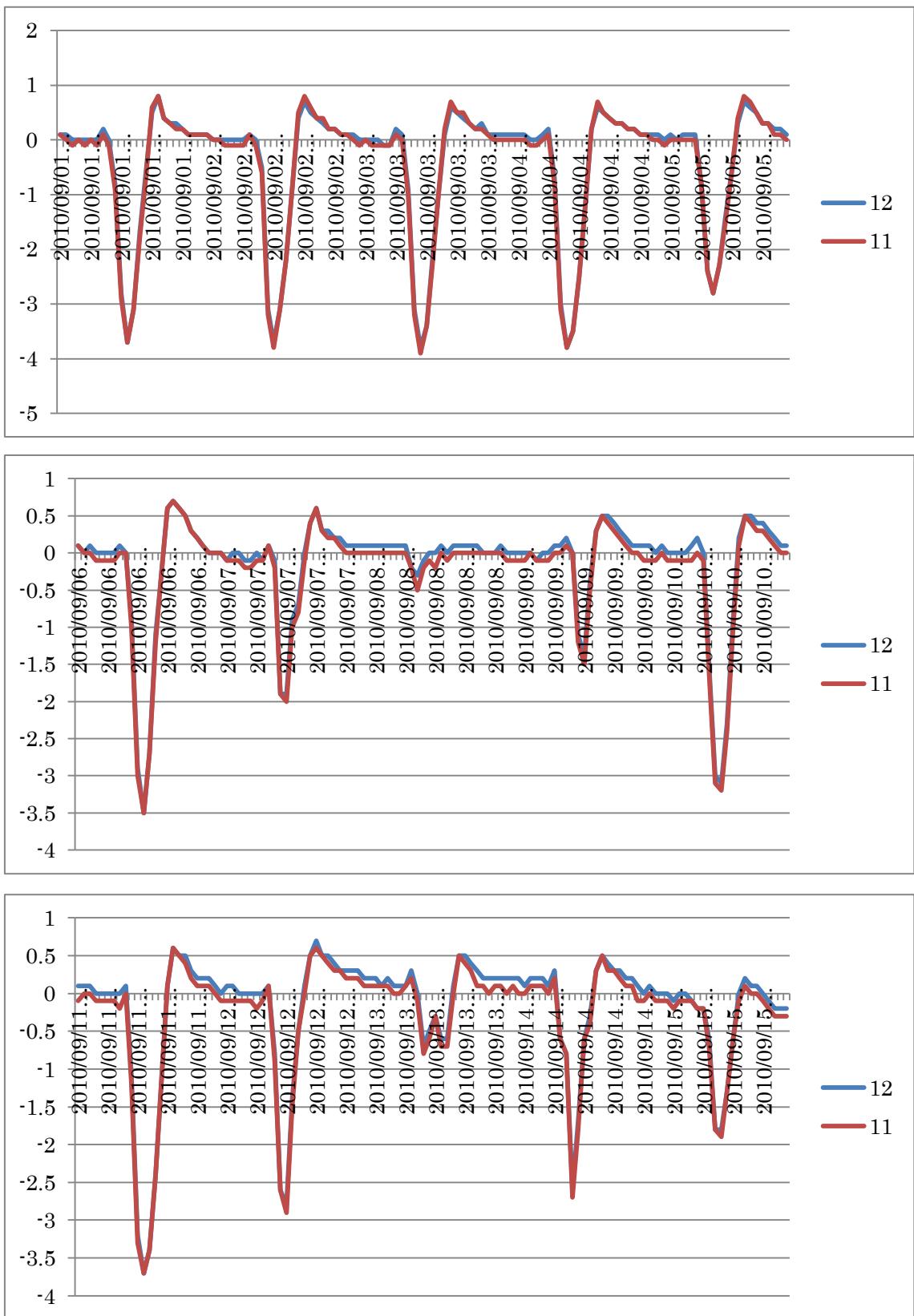


図 6 (1) 開放区 続き

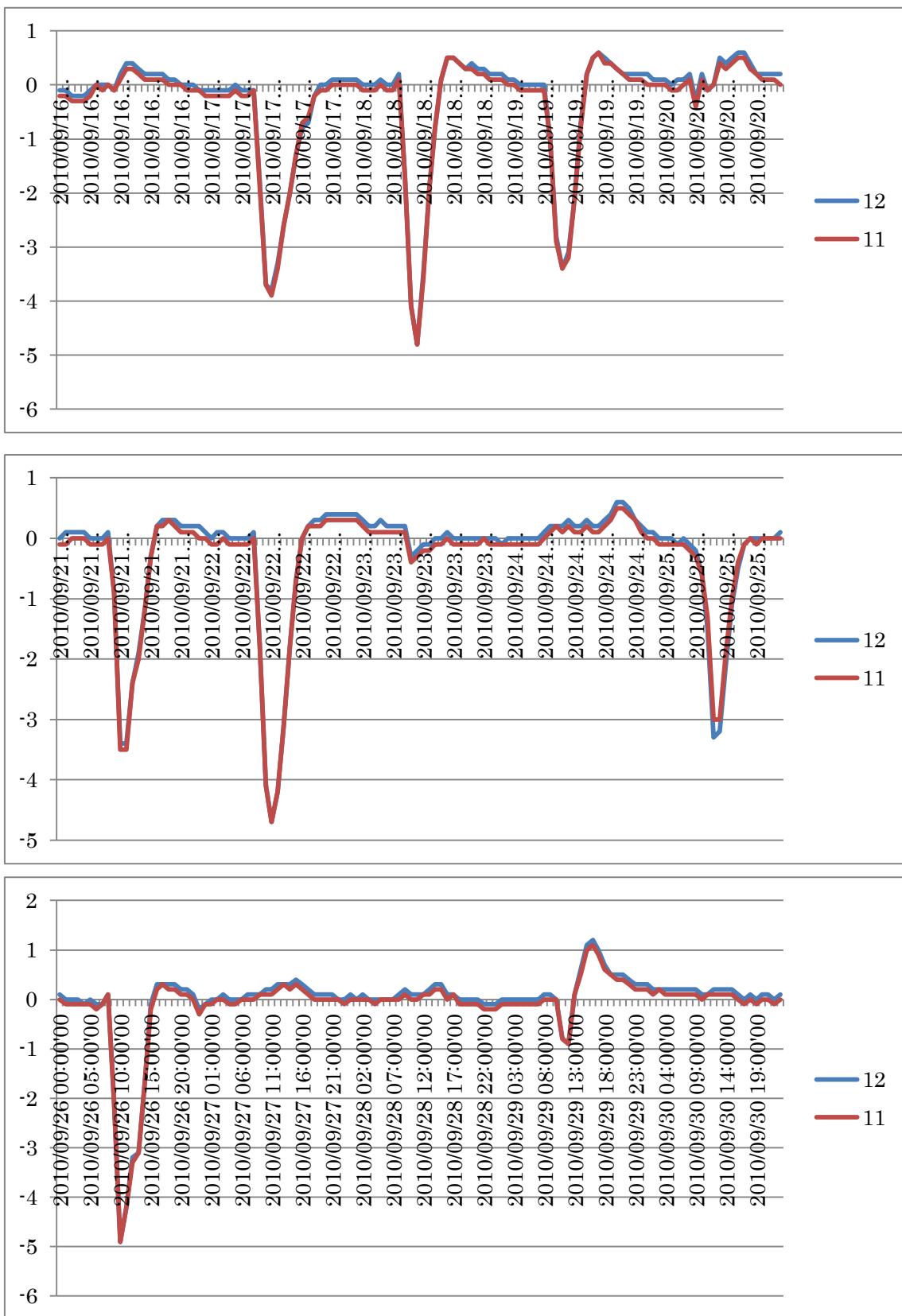


図 6 (1) 開放区 続き

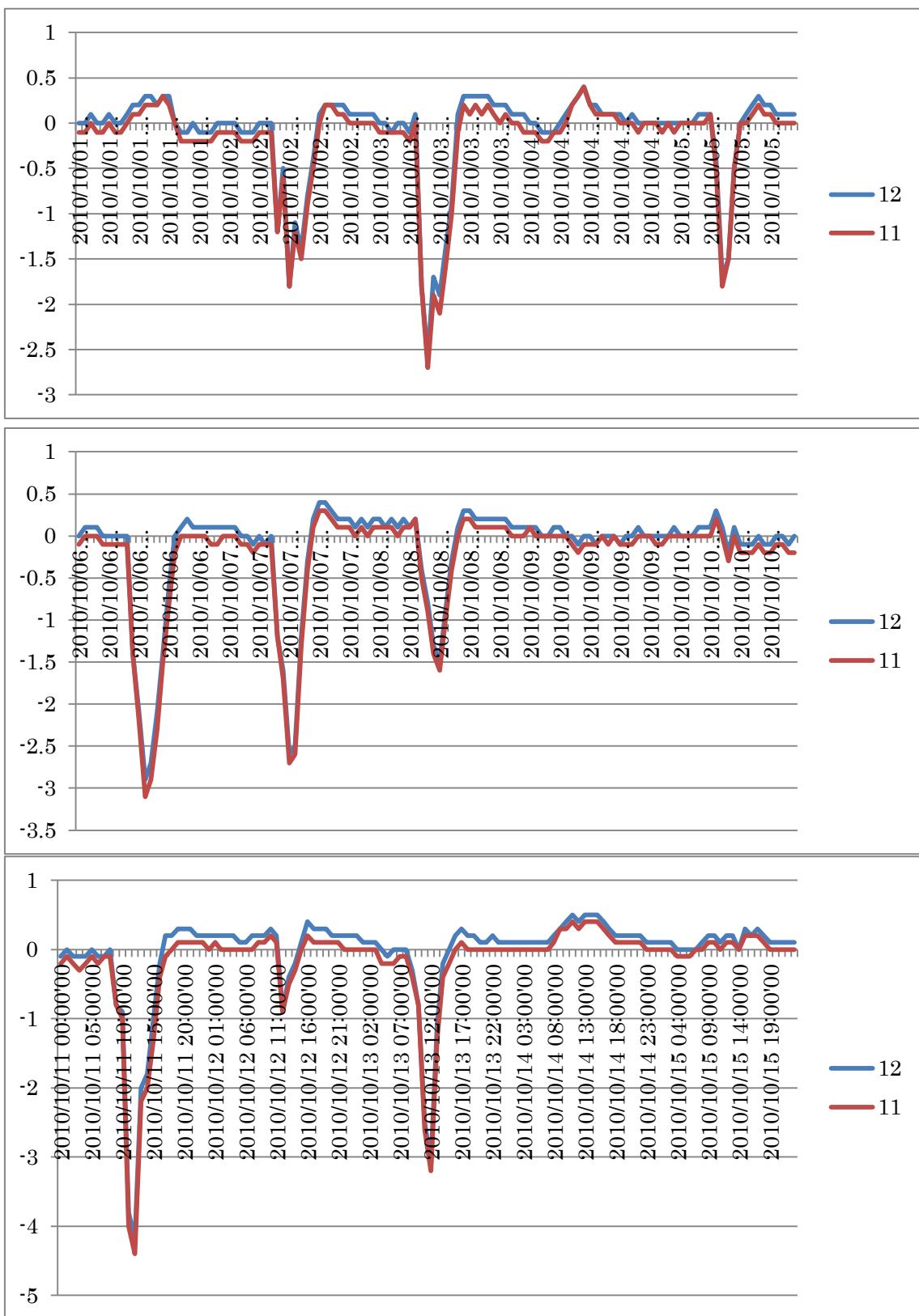


図 6 (1) 開放区 続き

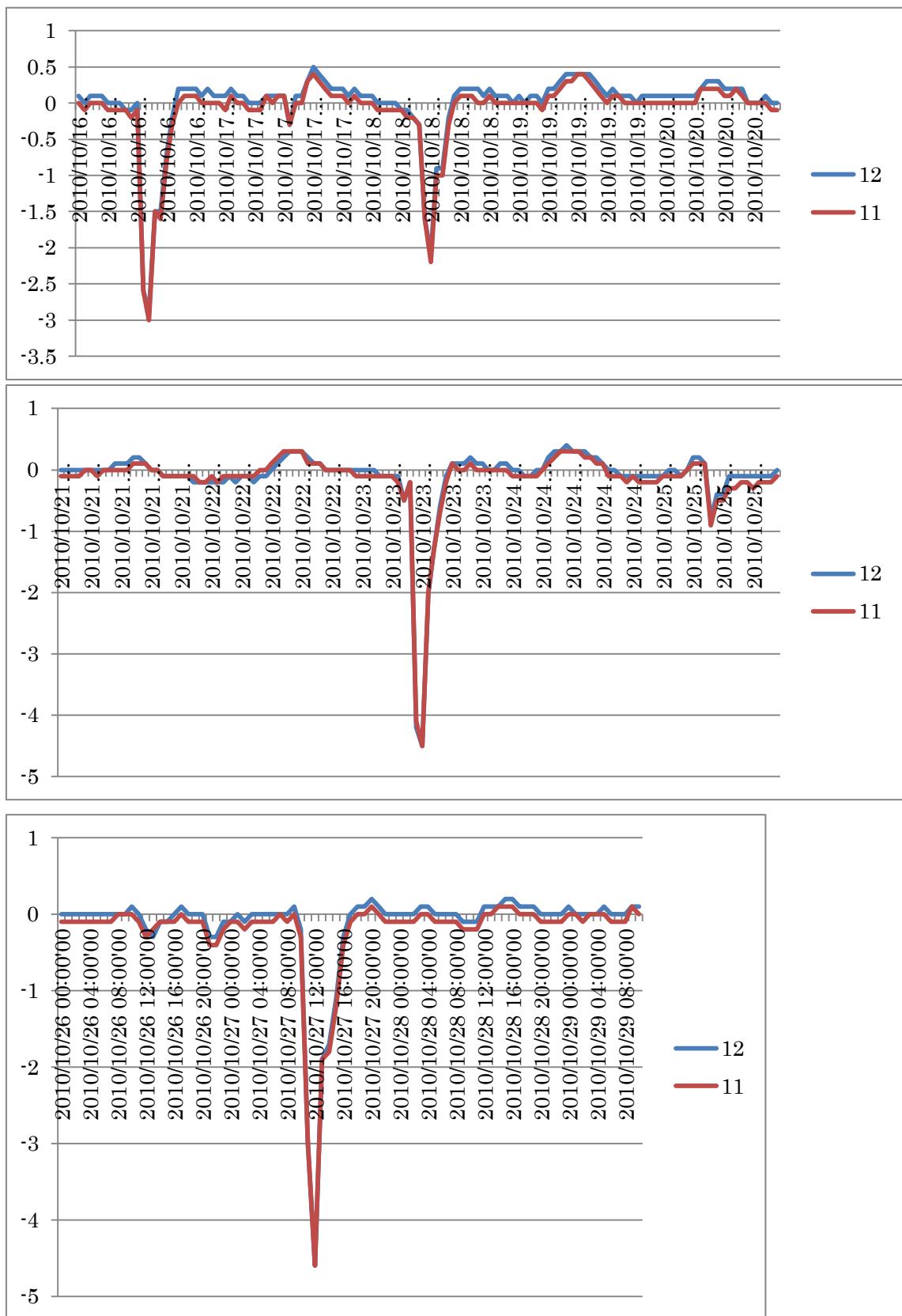


図 6 (1) 開放区 続き

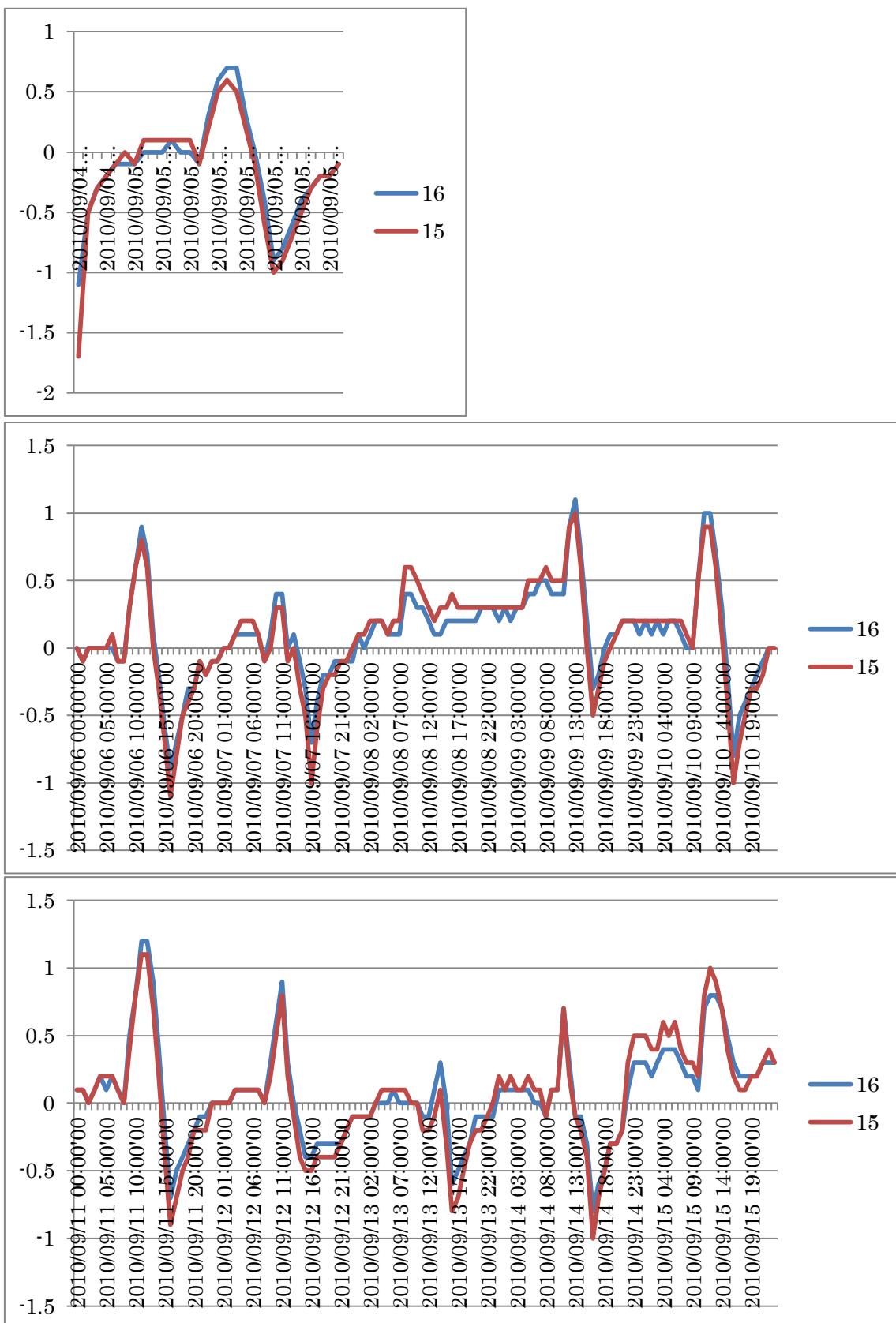


図 6 外壁に対する壁の内側の温度の差の変化 (2) よしず区

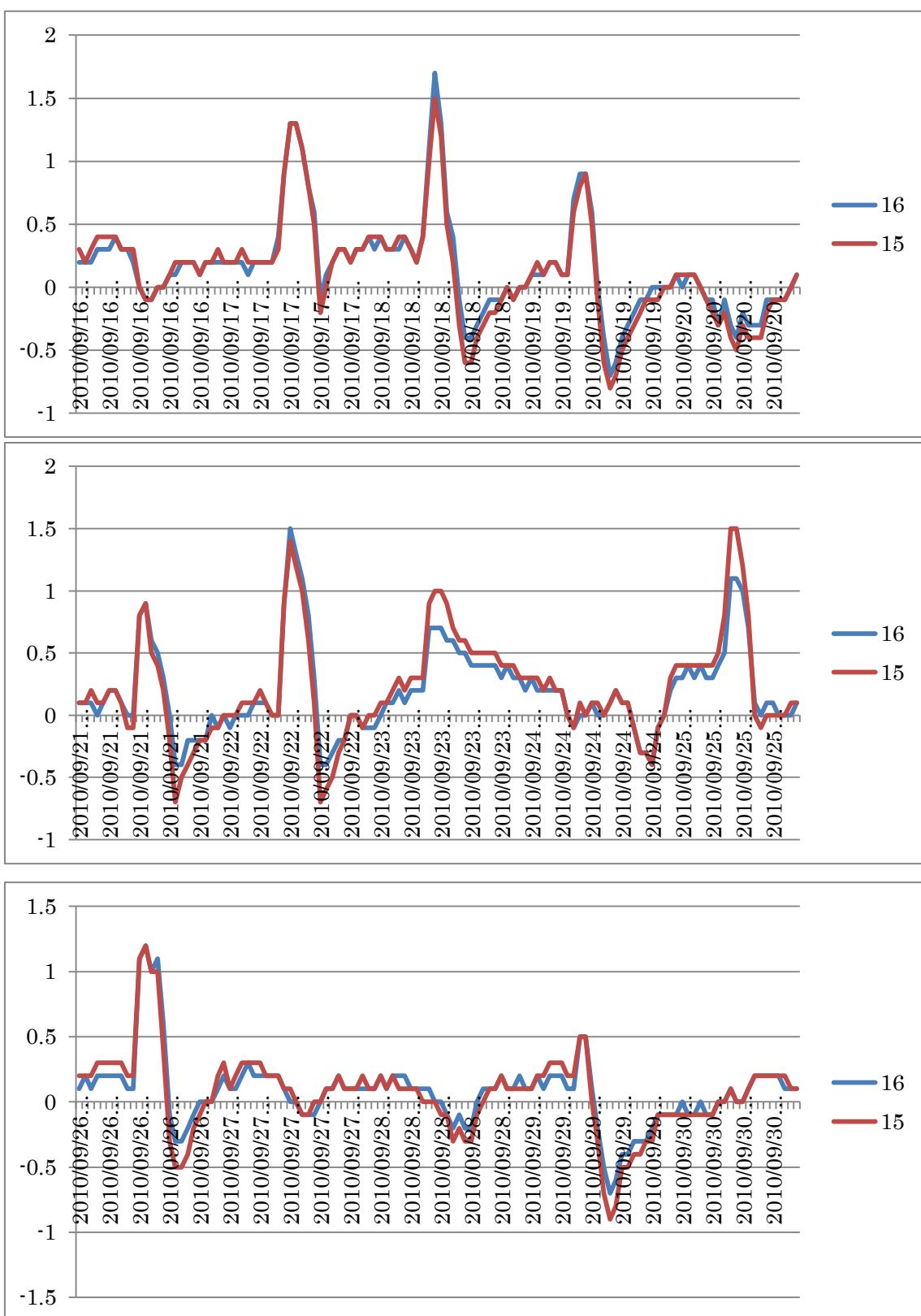


図 6 (2) よしず区 続き

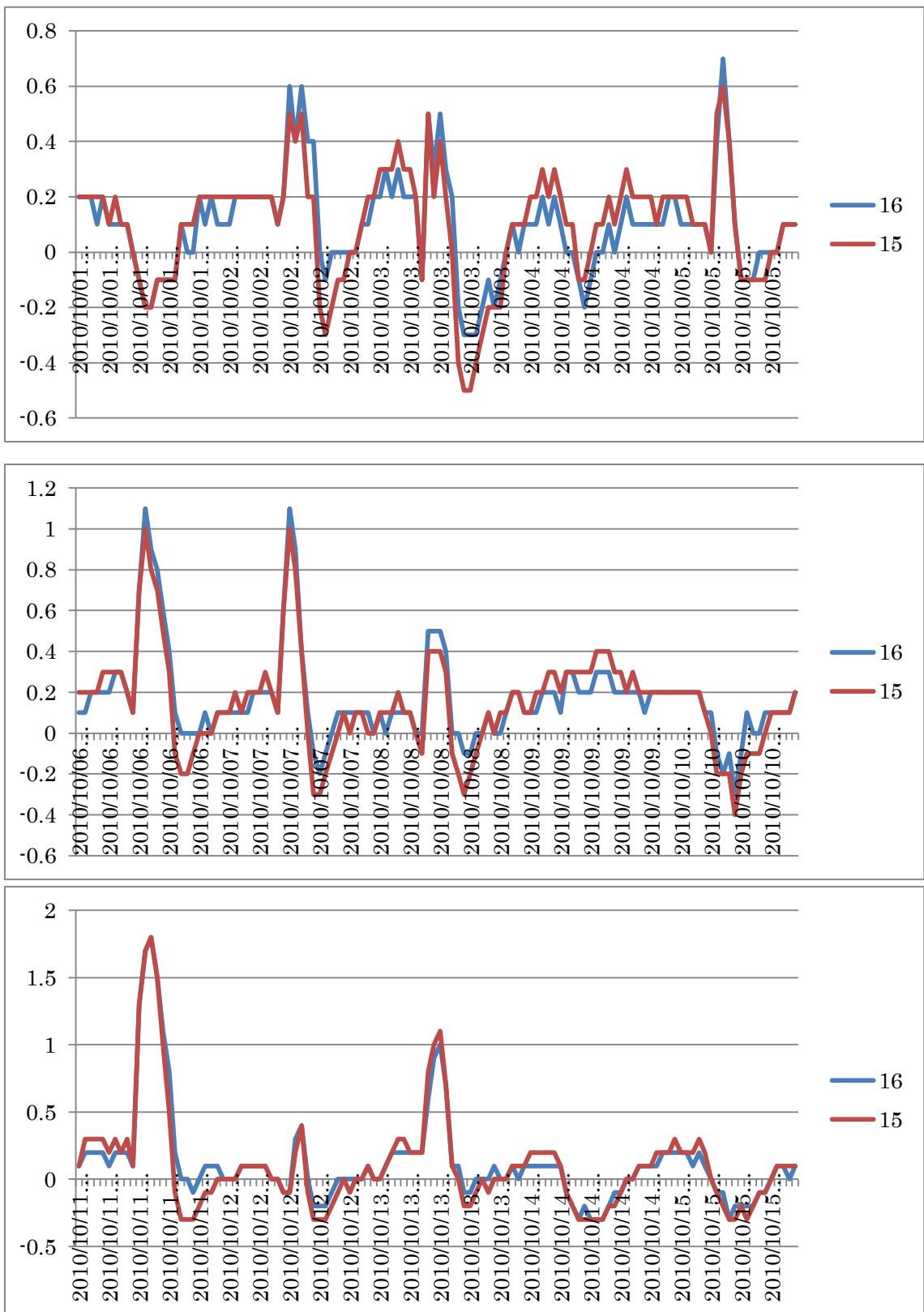


図 6 (2) よしづ区 続き

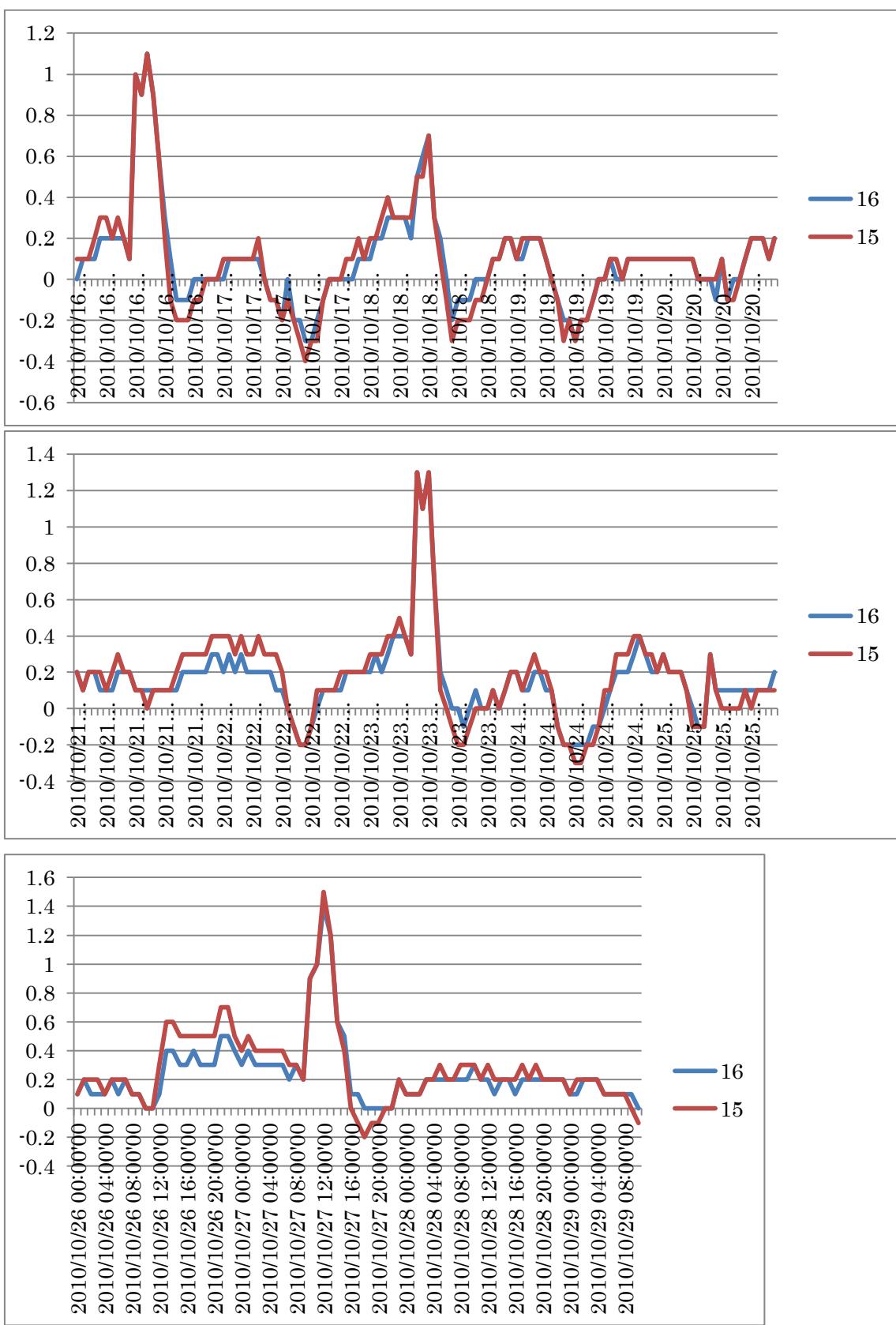


図 6 (2) よしず区 続き

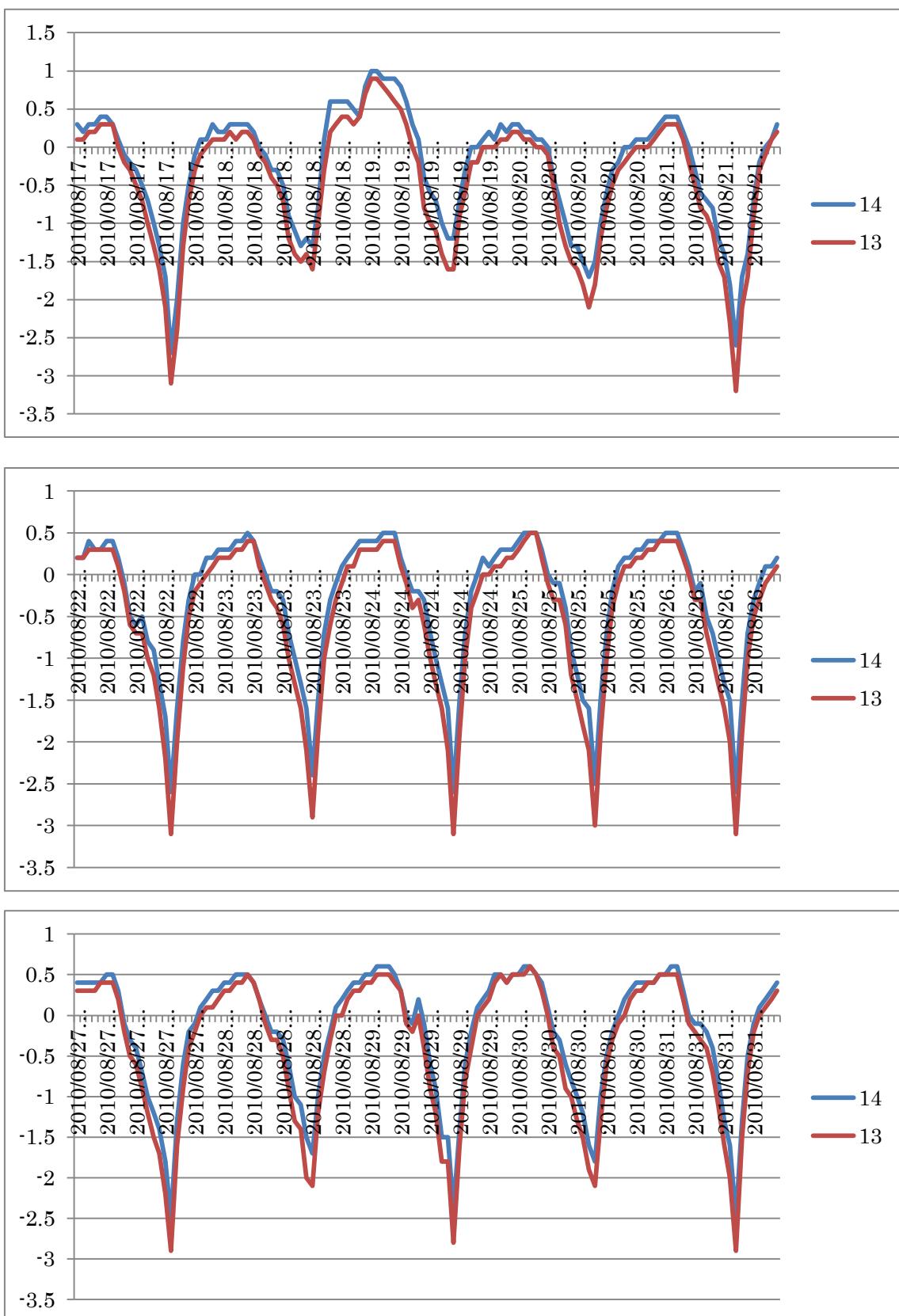


図 6 外壁に対する壁の内側の温度の差の変化 (3) アサガオ区

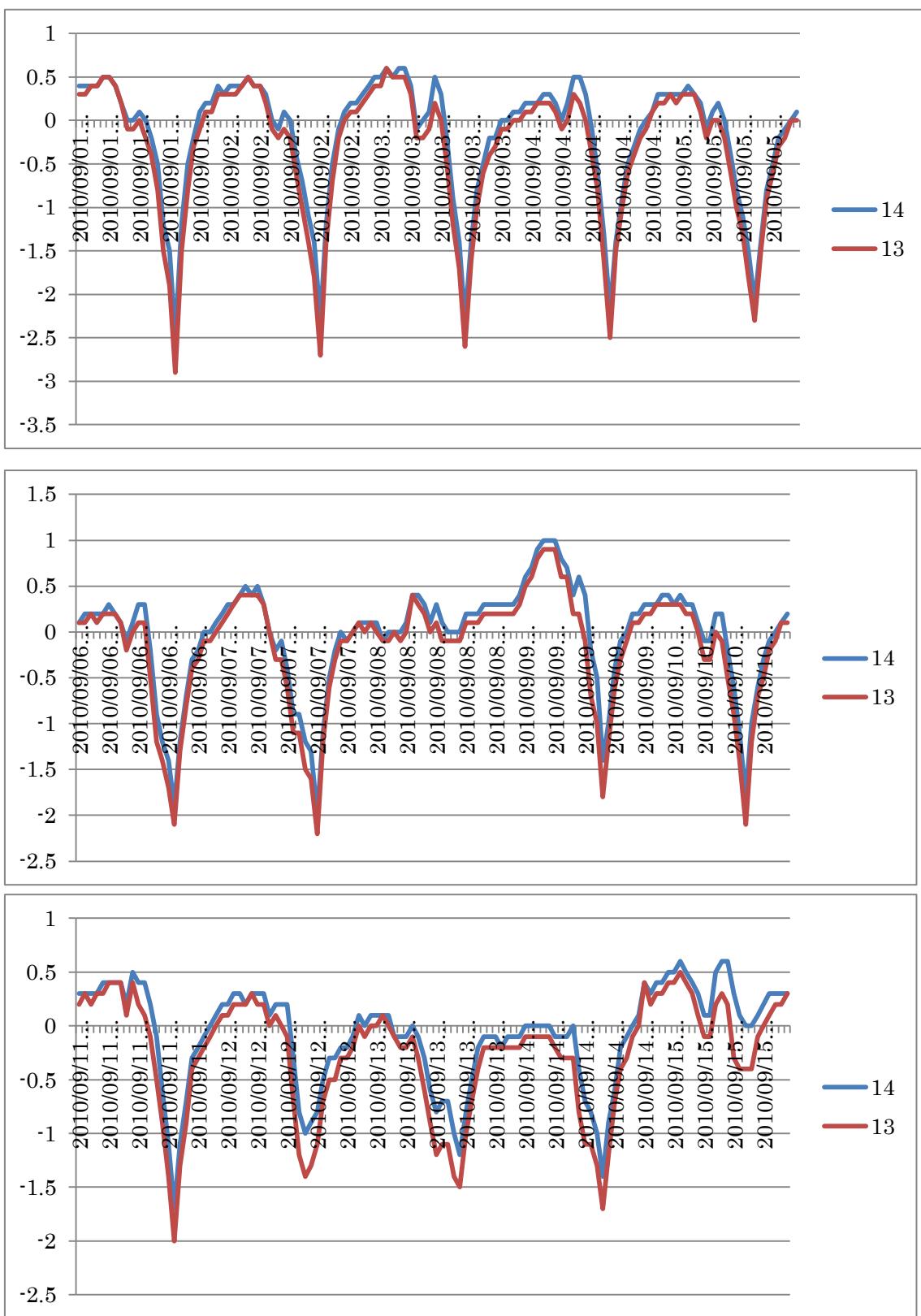


図 6 (3) アサガオ区 続き

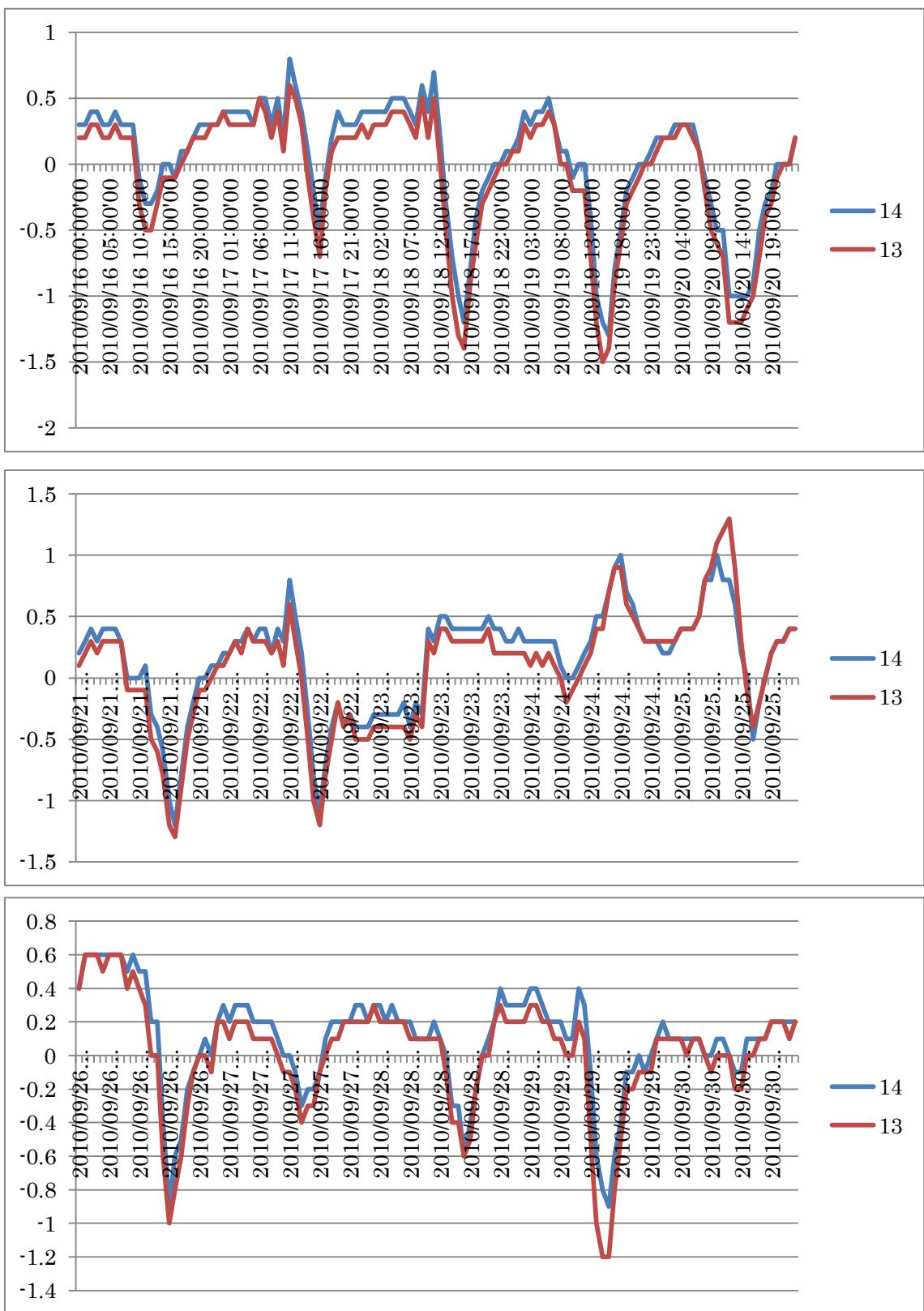


図 6 (3) アサガオ区 続き

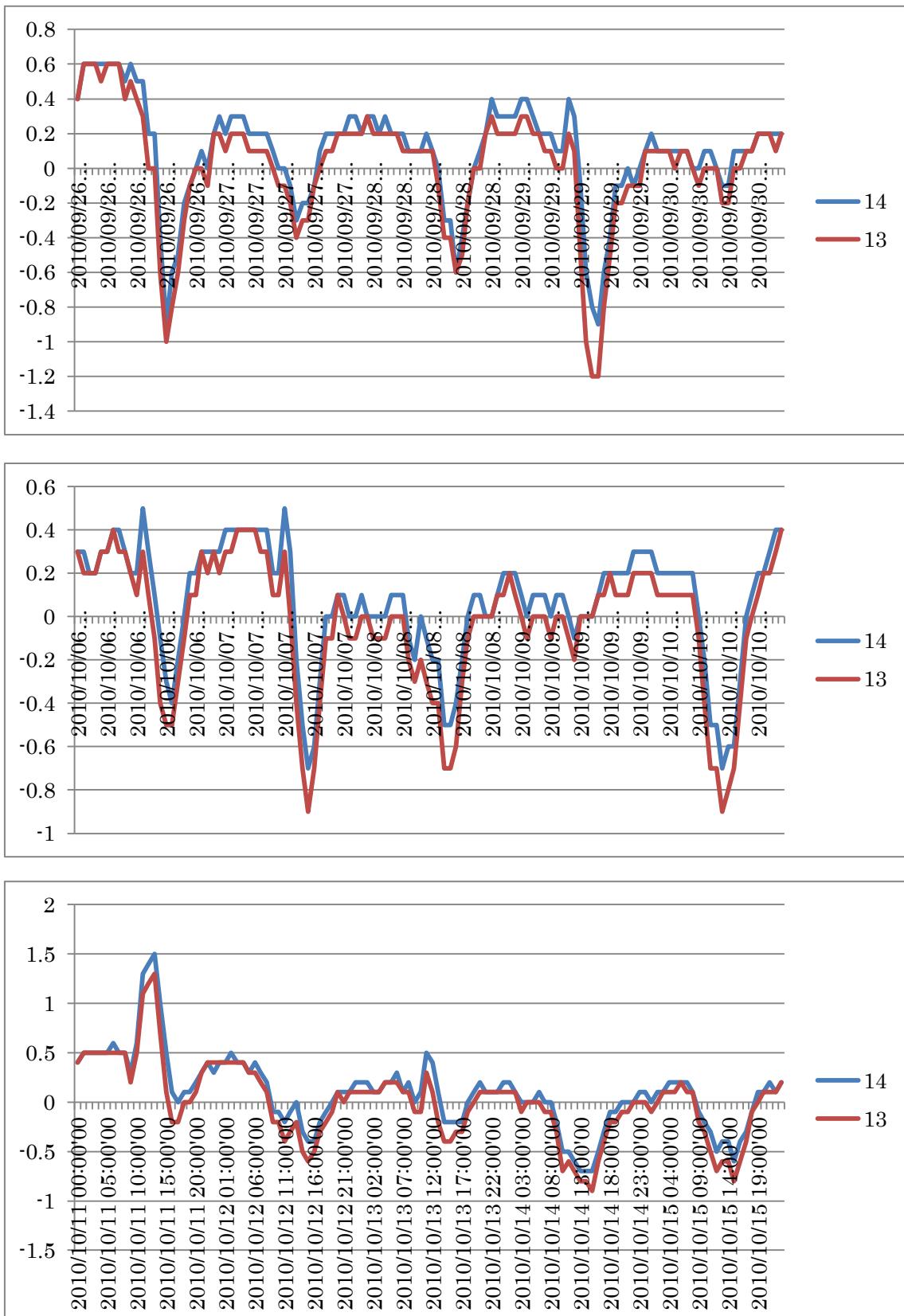


図 6 (3) アサガオ区 続き

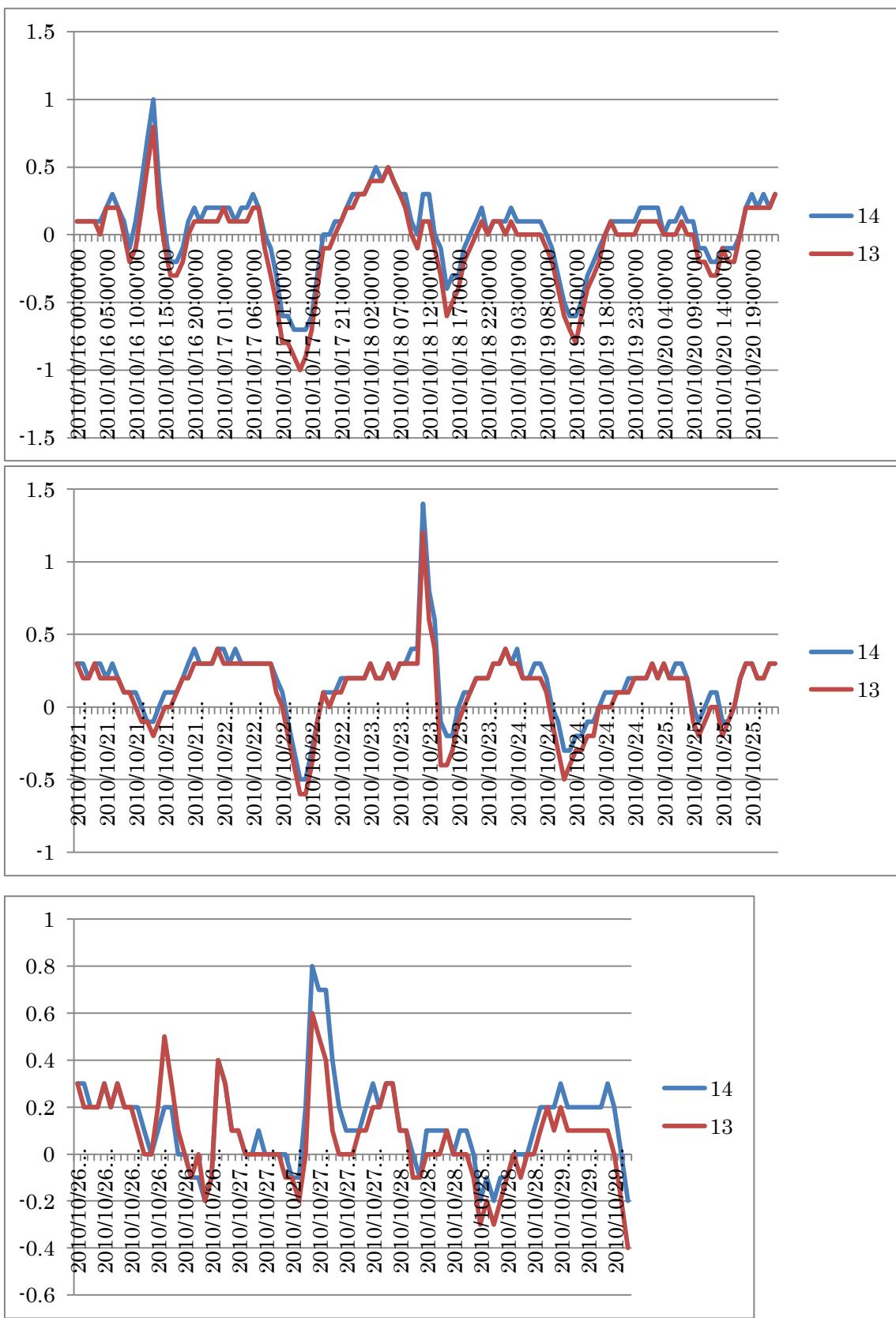


図 6 (3) アサガオ区 続き

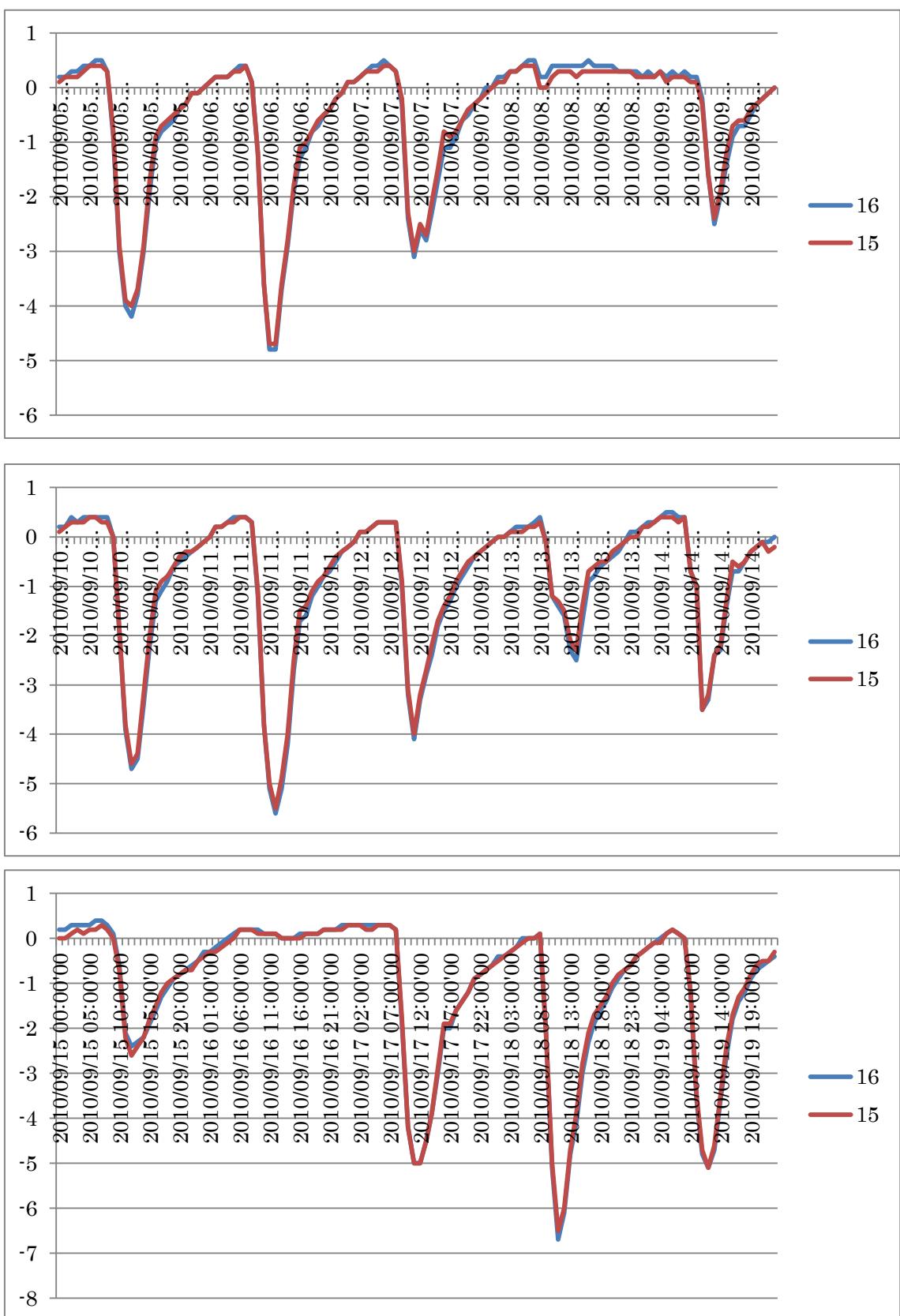


図 7 開放区外壁に対する壁の内側の温度の差の変化 (1) よしづ区

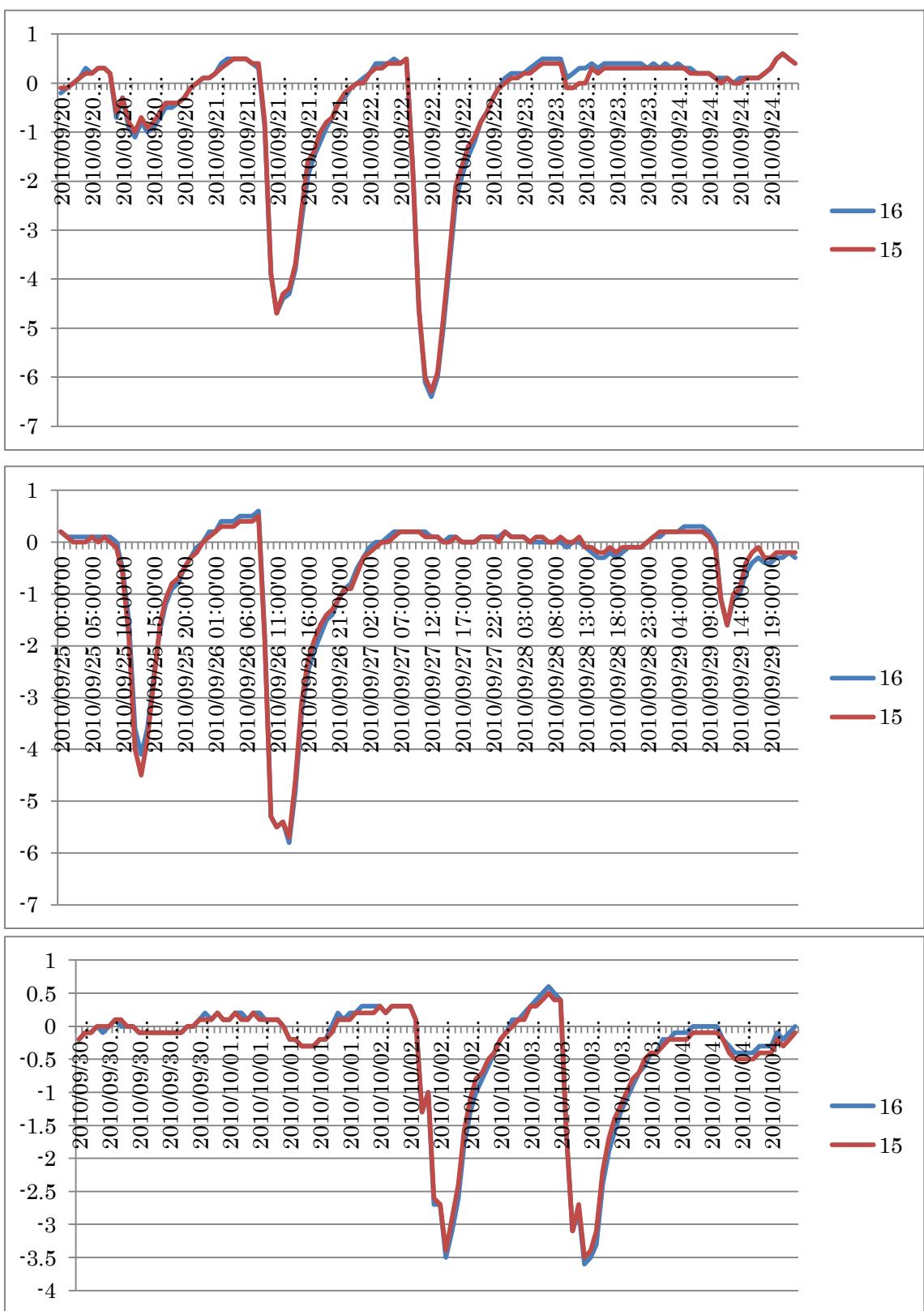


図 7 (1) よしず区 続き

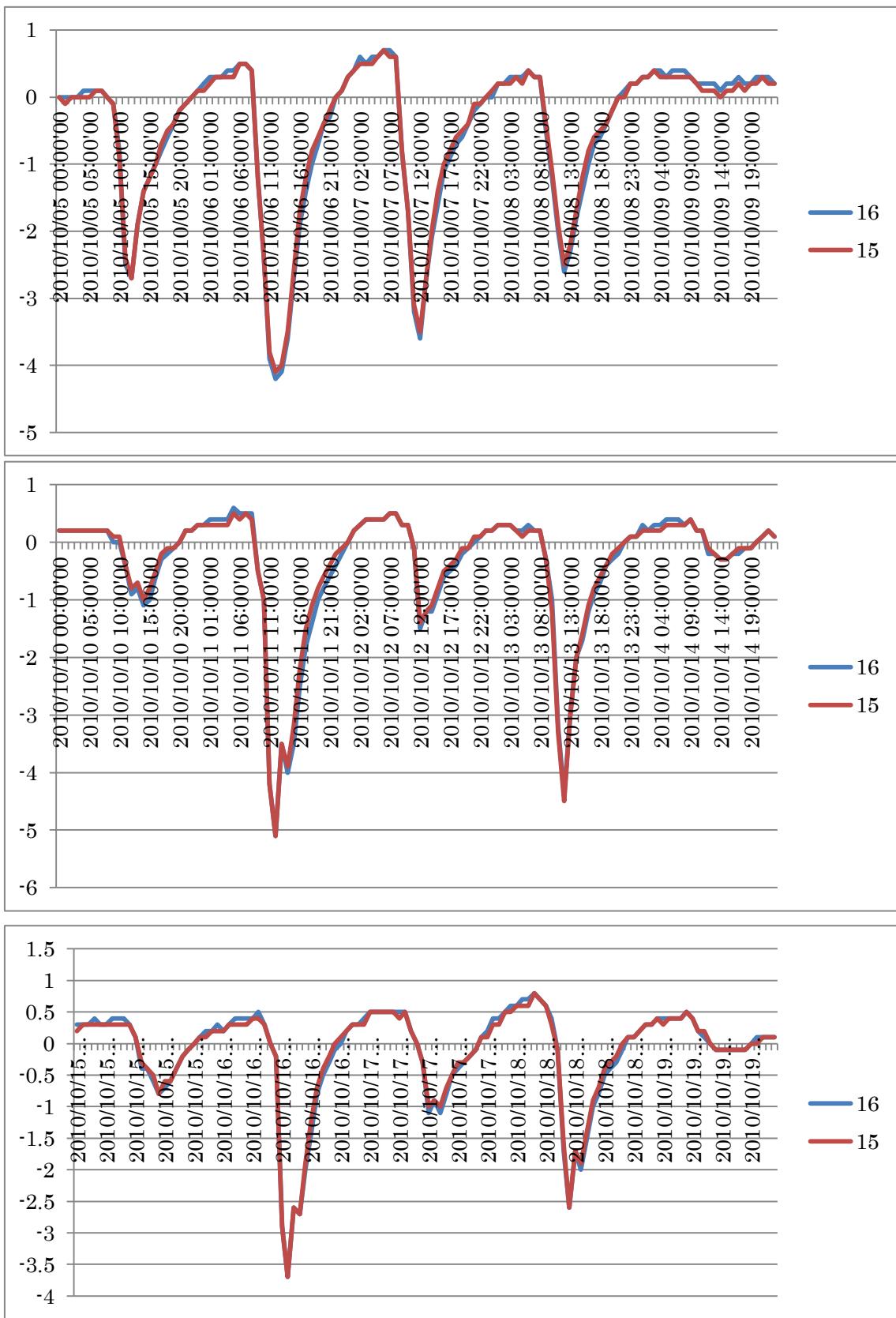


図 7 (1) よしず区 続き

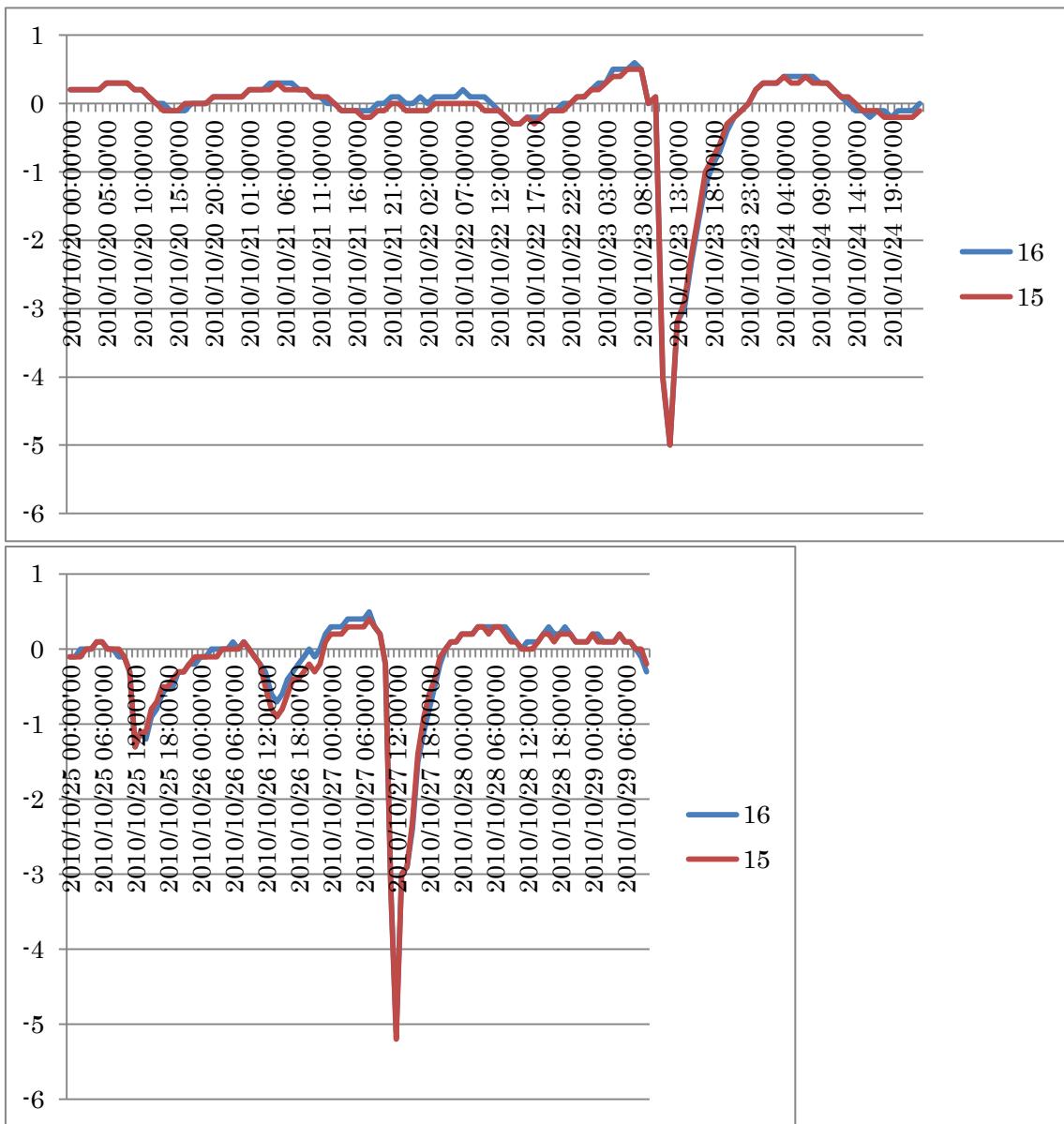


図 7 (1) よしず区 続き

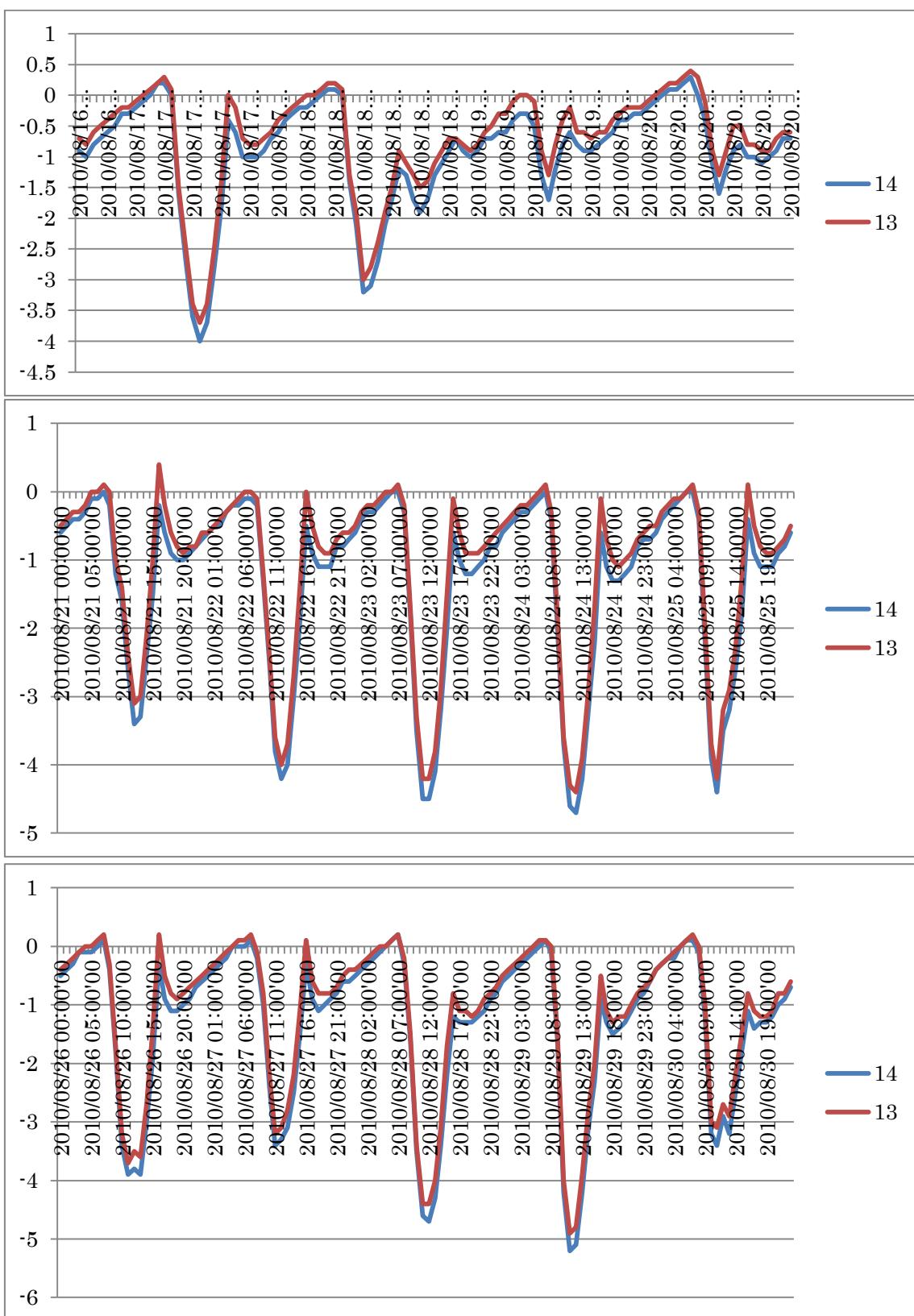


図 7 開放区外壁に対する壁の内側の温度の差の変化 (2) アサガオ区

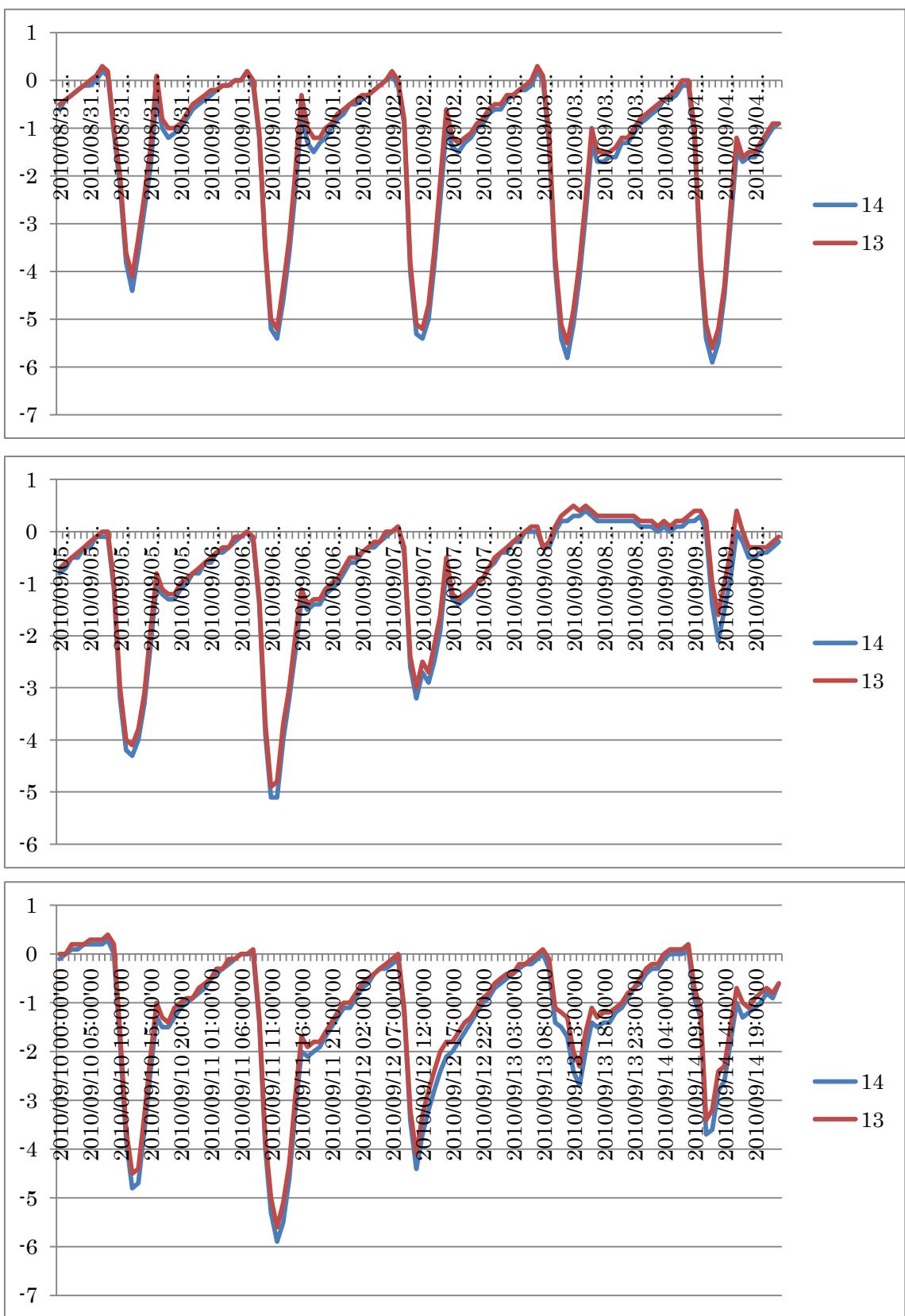


図 7 (2) アサガオ区 続き

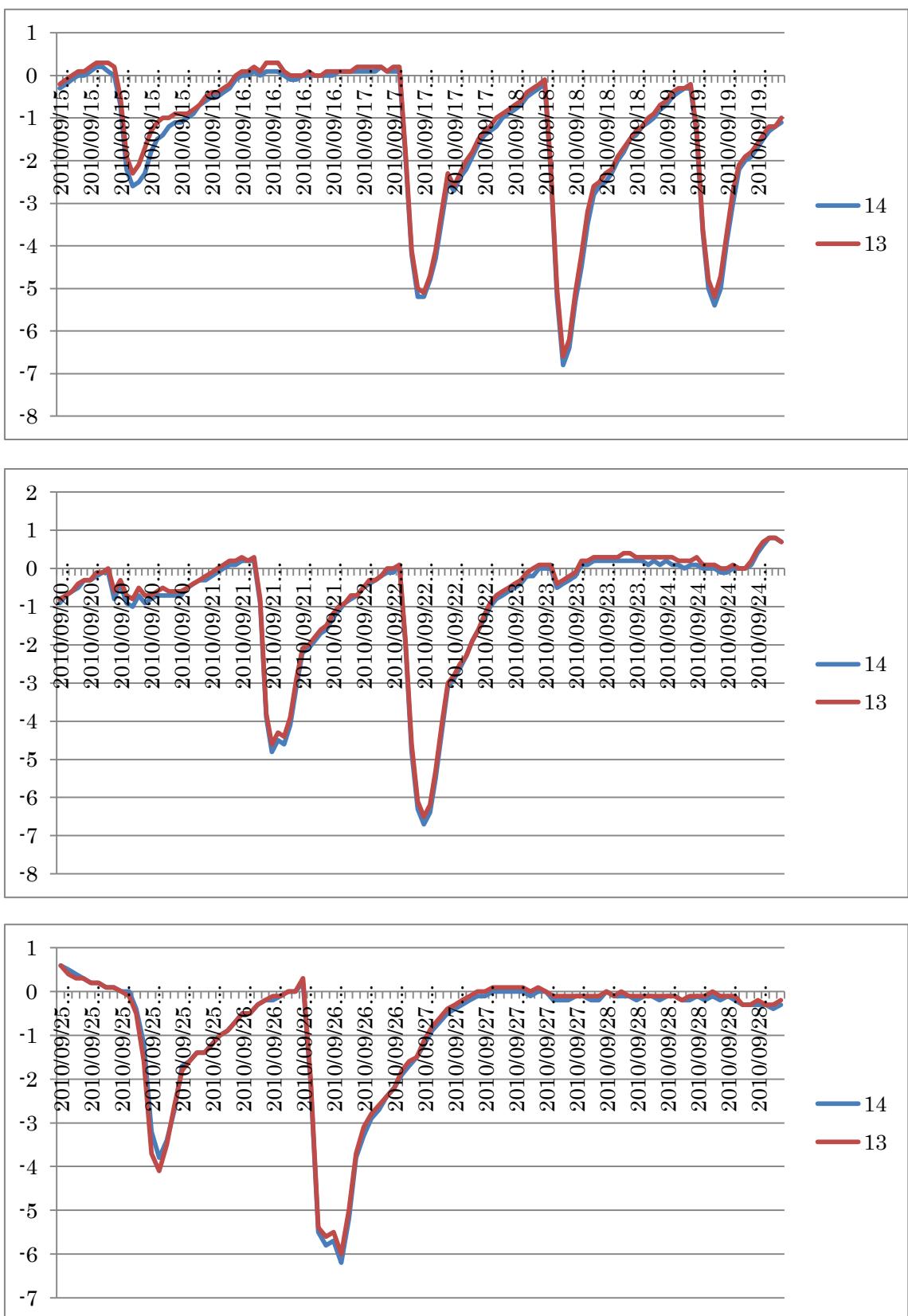


図 7 (2) アサガオ区 続き

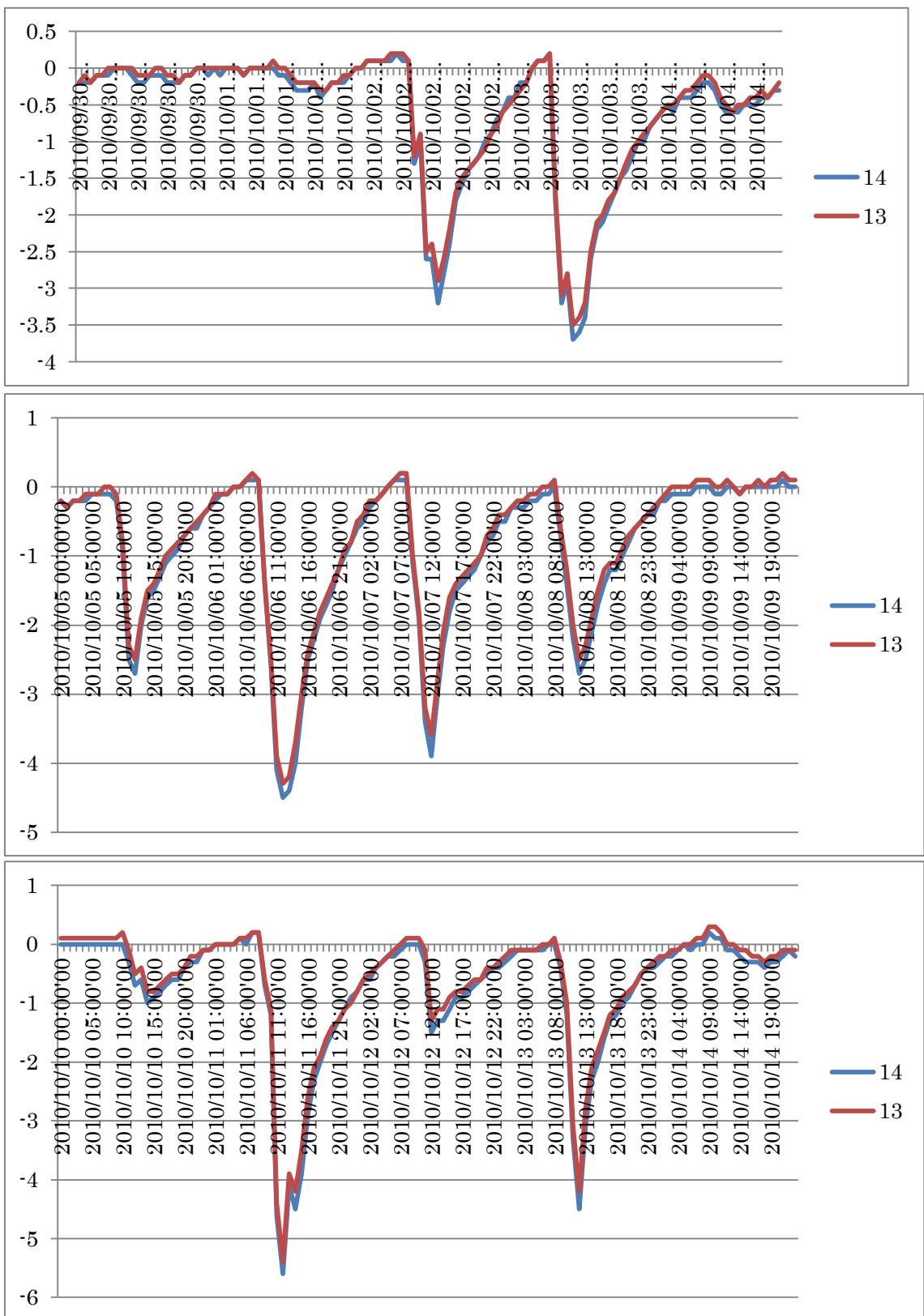


図 7 (2) アサガオ区 続き

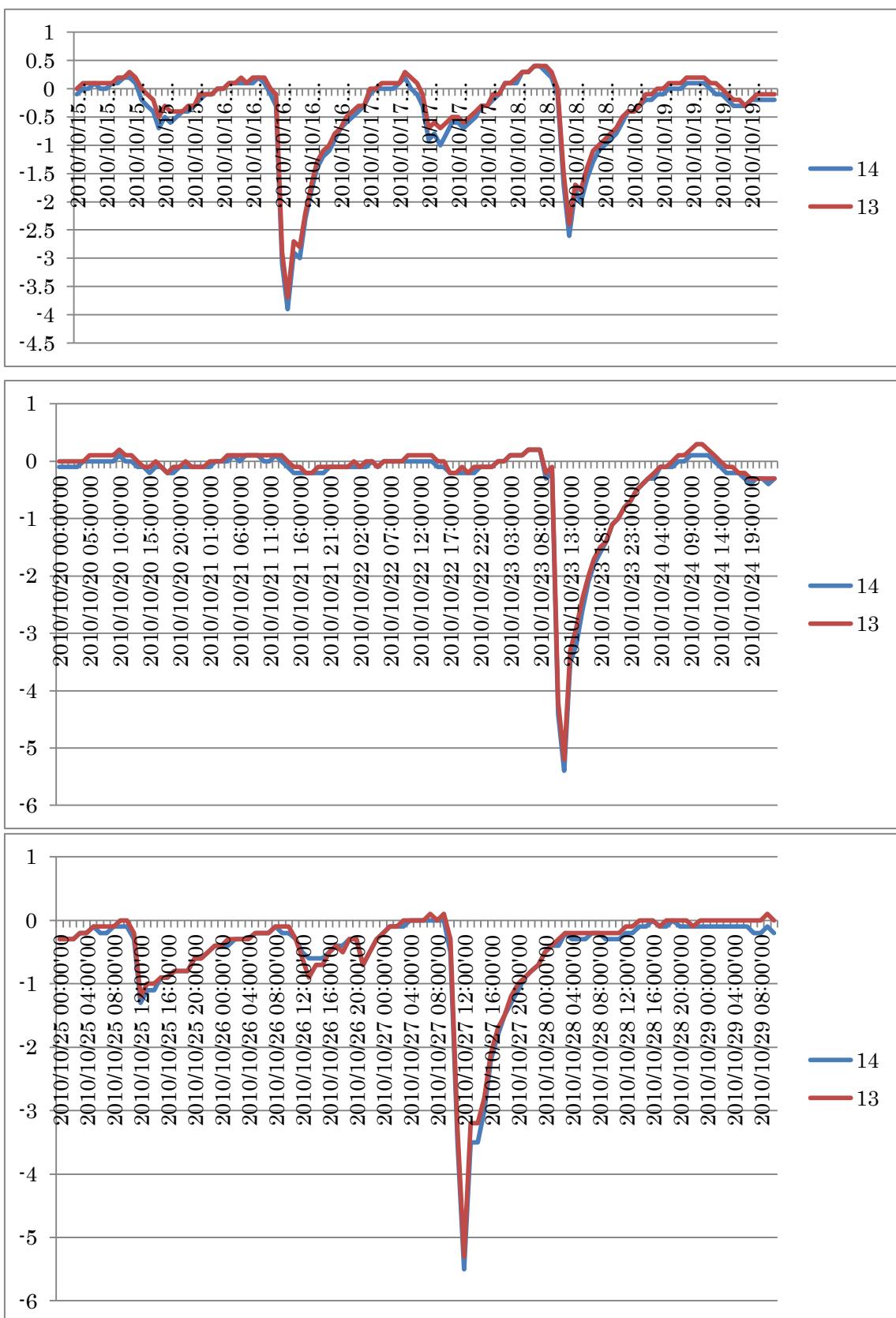


図 7 (2) アサガオ区 続き

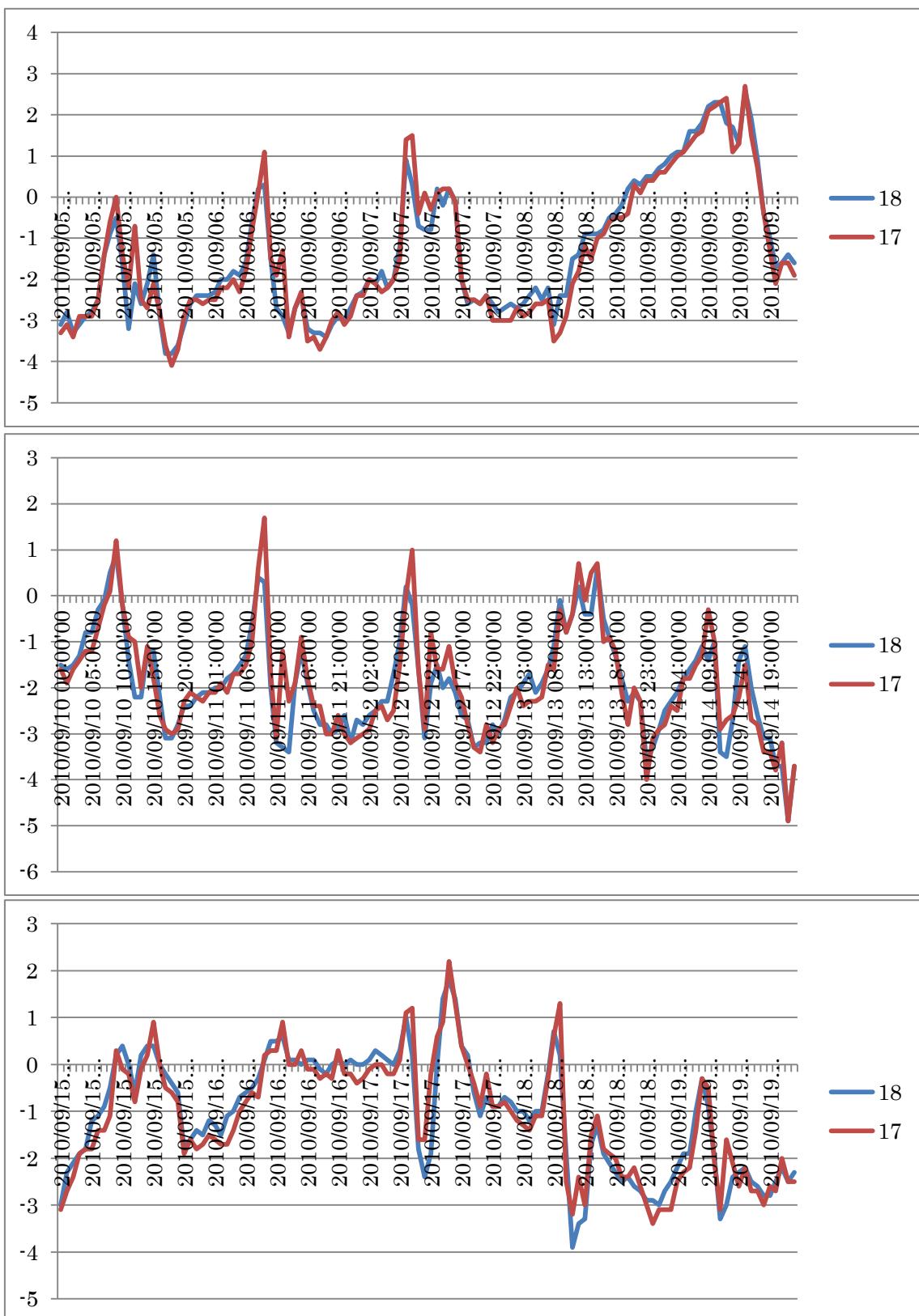


図 8 開放区外壁に対する日影外気の温度の差

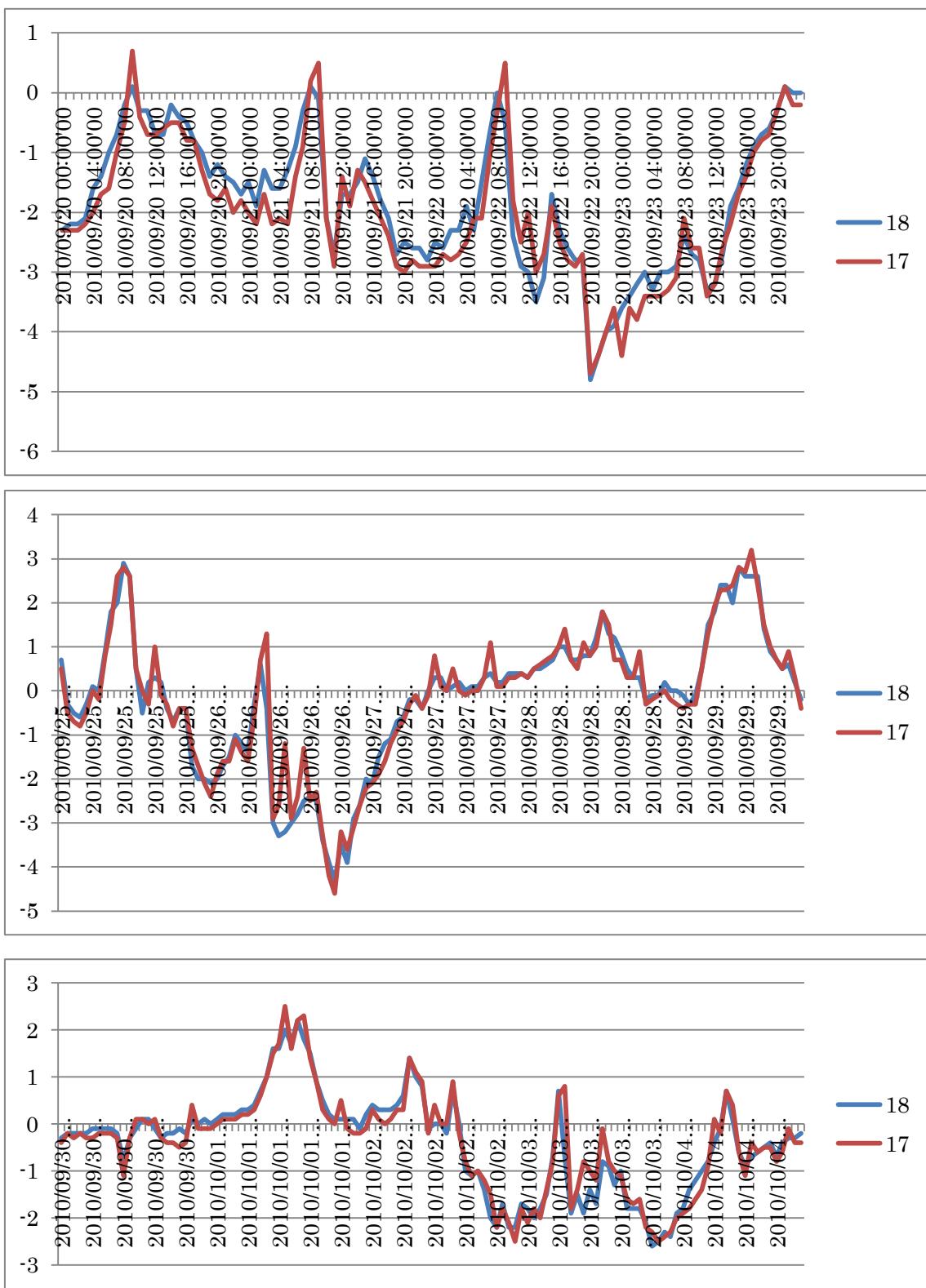


図 8 続き

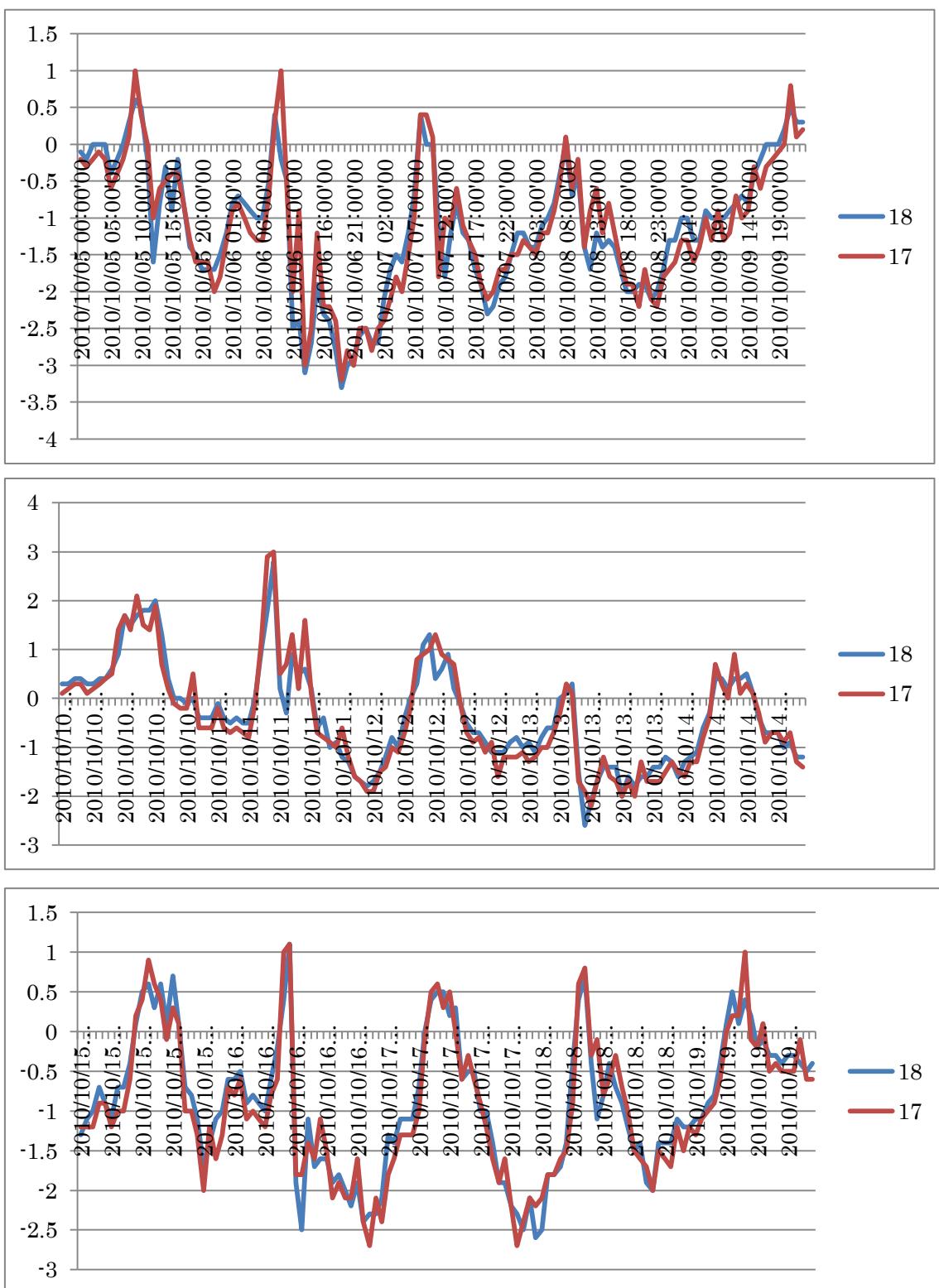


図 8 続き

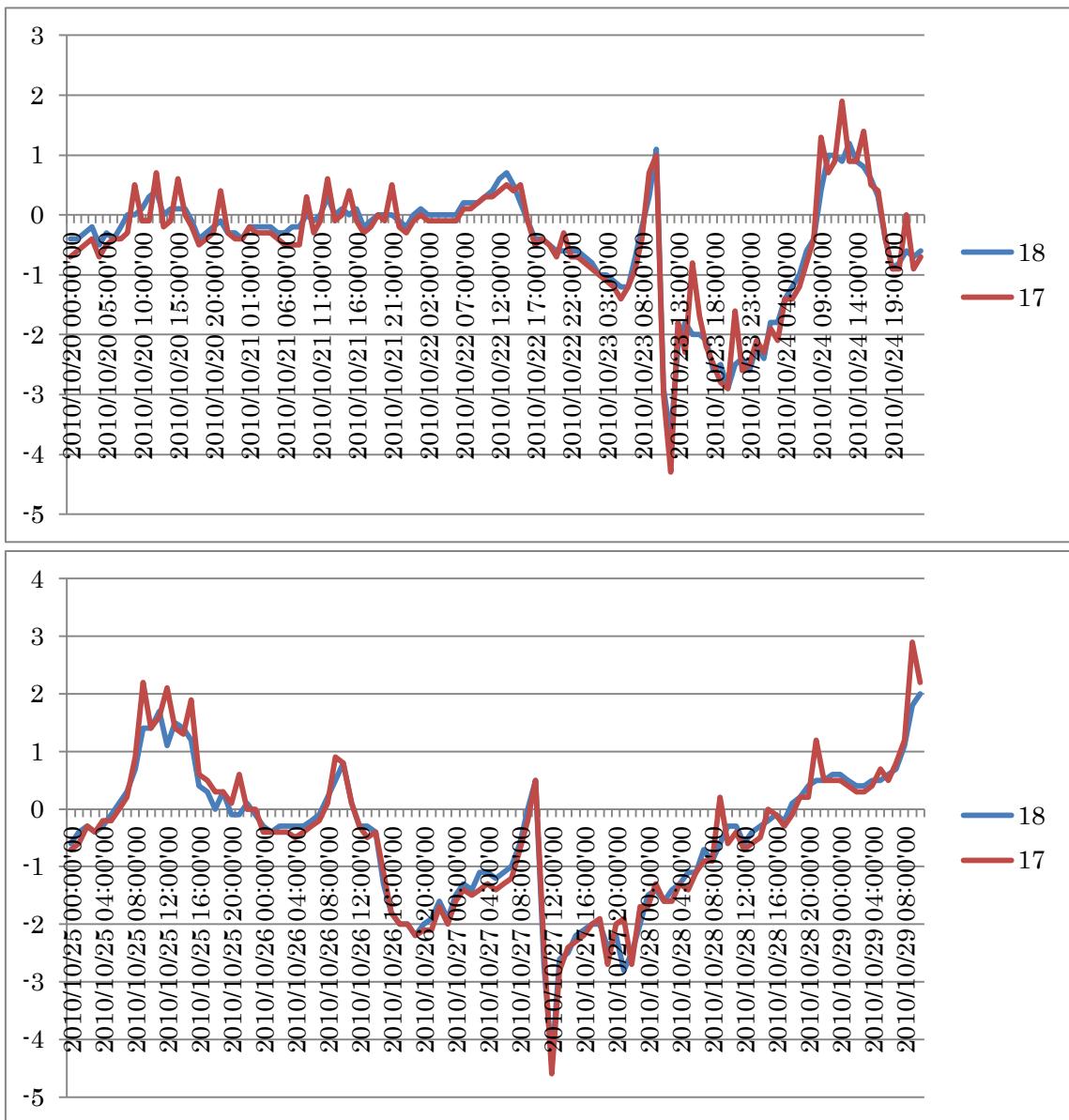


図 8 続き

印刷・発行日：2011年3月31日

発 行 者：首都大学東京 理工学研究科グリーンカーテンプロジェクト
代表者 小柴 共一
編集協力 森廣 信子
編集補助 近藤 日名子
〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1
首都大学東京 理工学研究科
電話 042-677-1111（代表）