

# II Peg のV-band測光と低分散分光観測

--- 2012年8月から2013年1月までの48夜の記録 ---

GCVS: II Peg 235504.05 +283801.2 RS 7.18 7.78 V 44240 6.7026 - K2IV-Ve

藤井 貢 (FKO)

2012年8月から2013年1月にかけて、V-bandによる測光と低分散分光器 ( $R \sim 600$ ) による同時観測を延べ52時間試みた結果11月12日に可視域フレアが観測され、フレアアップ中の可視域連続光を黒対放射フィッティングすると、約30000K $\rightarrow$ 9500Kの変動が見受けられた。また12月26日と1月3日は規模の大きなフレアの名残り？とみられる卓越したバルマー輝線が見受けられた。ライトカーブと $H\alpha$ 輝線等価幅には弱いながらも逆相関が見受けられた。

( 2012/09/23のみ測光観測無し)

- 観測機材

- 測光: 7.5cm屈折 500mm V-band ST10-XME (SBIG) 2x2binning
- 分光: 40cm反射 FBSPEC-III  $R \sim 600$  at  $H\alpha$  ML6303E (FLI)

表1に観測ログを示す。各夜とも観測時間は短く1時間程度である。

観測日	天候	観測時間	スペクトル Exp./フレーム	観測日	天候	観測時間	スペクトル Exp./フレーム
2012/08/20	クリヤー	約1時間	180sec.	2012/12/23	クリヤー	約1時間	180sec.
2012/08/26	クリヤー	約1時間	180sec.	2012/12/24	クリヤー	約1時間	180sec.
2012/09/23	クリヤー	約1時間	180sec.	2012/12/25	ヘイジー	約1時間	180sec.
2012/09/27	クリヤー	約1時間	180sec.	2012/12/26	ややヘイジー	約1時間	180sec.
2012/10/03	クリヤー	約1時間	180sec.	2012/12/27	クリヤー	約1時間	180sec.
2012/10/07	ヘイジー	約1時間	180sec.	2012/12/31	クリヤー	約2時間	180sec.
2012/10/12	ややヘイジー	約1時間	180sec.	2013/01/02	クリヤー	約1時間	180sec.
2012/10/18	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/03	薄雲流れる	約15分間	180sec.
2012/10/23	クリヤー	約2時間	180sec.	2013/01/04	クリヤー	約1.5時間	180sec.
2012/10/25	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/05	クリヤー	約1時間	180sec.
2012/11/01	薄雲流れる	約15分間	180sec.	2013/01/06	薄雲多し	約30分間	180sec.
2012/11/06	クリヤー	約1.5時間	180sec.	2013/01/07	クリヤー	約1時間	180sec.
2012/11/12	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/08	薄雲流れる	約1時間	180sec.
2012/11/14	クリヤー	約20分間	180sec.	2013/01/09	クリヤー	約1.5時間	180sec.
2012/11/15	クリヤー	約1時間	189sec.	2013/01/10	クリヤー	約1時間	240sec.
2012/11/18	クリヤー	約1.5時間	180sec.	2013/01/11	クリヤー	約3時間	240sec.
2012/11/27	クリヤー	約1.5時間	180sec.	2013/01/12	クリヤー	約1時間	240sec.
2012/12/01	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/18	クリヤー	約1時間	240sec.
2012/12/04	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/19	クリヤー	約1.5時間	240sec.
2012/12/06	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/22	クリヤー	約1.5時間	240sec.
2012/12/08	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/23	クリヤー	約1時間	240sec.
2012/12/09	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/25	薄雲多し	約30分間	240sec.
2012/12/10	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/26	クリヤー	約1時間	240sec.
2012/12/22	クリヤー	約1時間	180sec.	2013/01/28	クリヤー	約1時間	240sec.

表1 観測ログ

## 測光(V-band)

V: II Peg (K2IV-Ve)

C1: 比較星 (HD223925, A0)

C2: チェック星 (HD224493, A3)

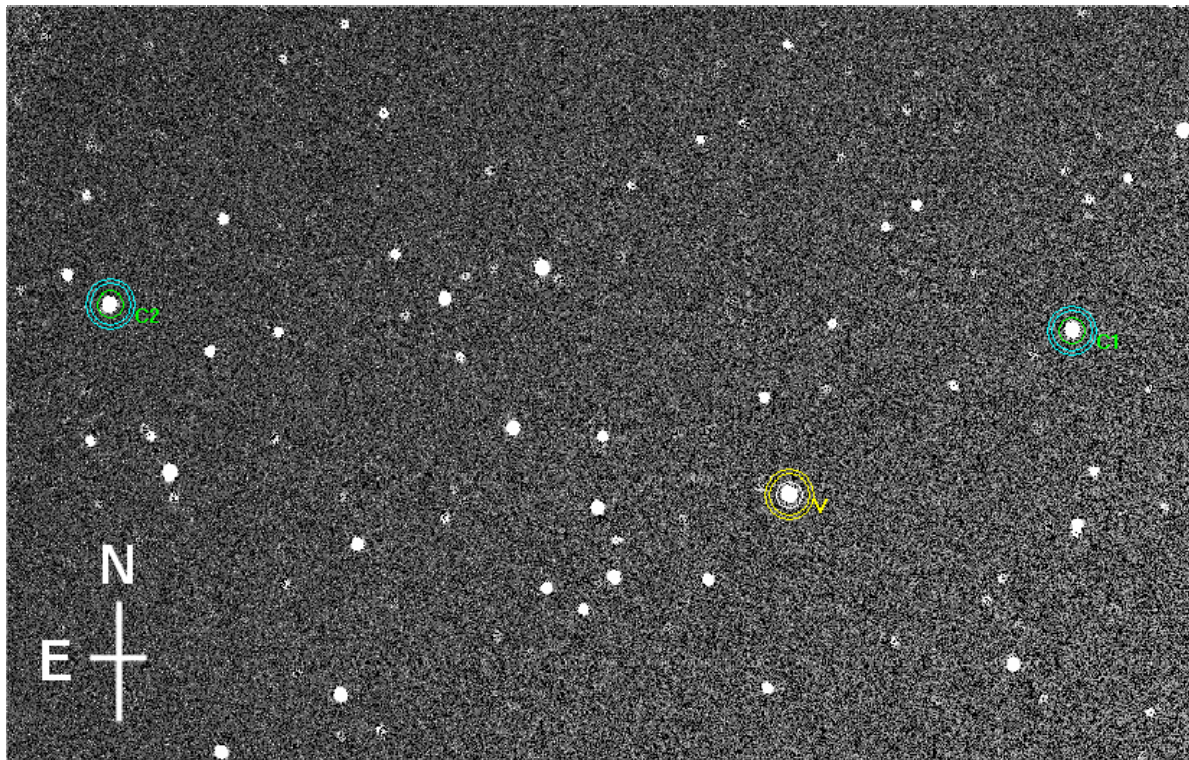


図1

測光ソフト: AIP4Win Ver. 2.4.0

## スペクトル等価幅測定

スペクトルの等価幅測定において、測定によるばらつきを少なくするため、次のような方法を用いた。まずplotタスクの'k-k'コマンドにより輝線両側の連続光部を指定するとその間に緑色で直線の破線が示される。次にその破線と輝線の交点を'e-e'コマンドを用いて輝線部の等価幅を算出した。本来の等価幅値ではないと思うが、補助的な破線を頼りに測定できる為、測定誤差を低く抑えることができたのではないかと考えられる。図2に輝線の卓越していた12月26日を例にその処理の様子を示す。

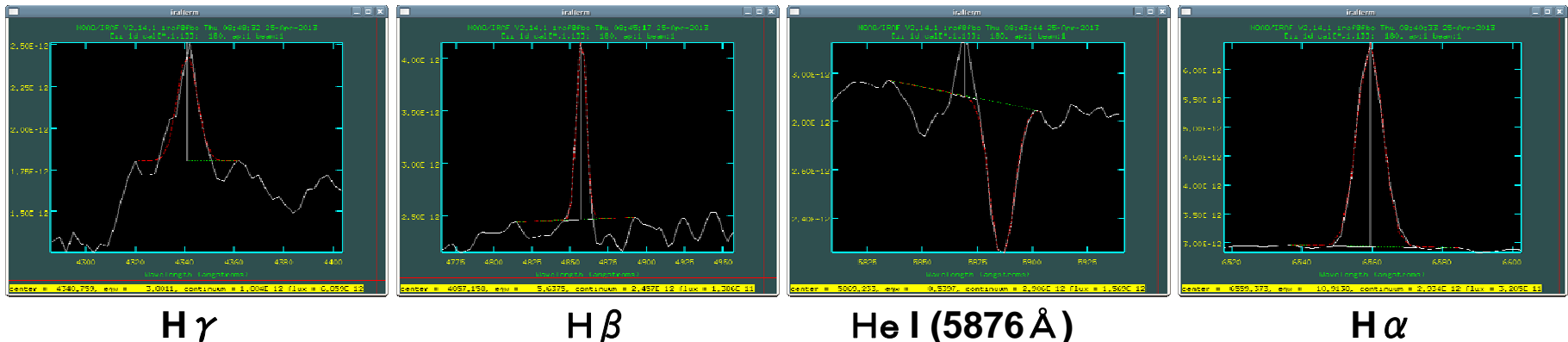
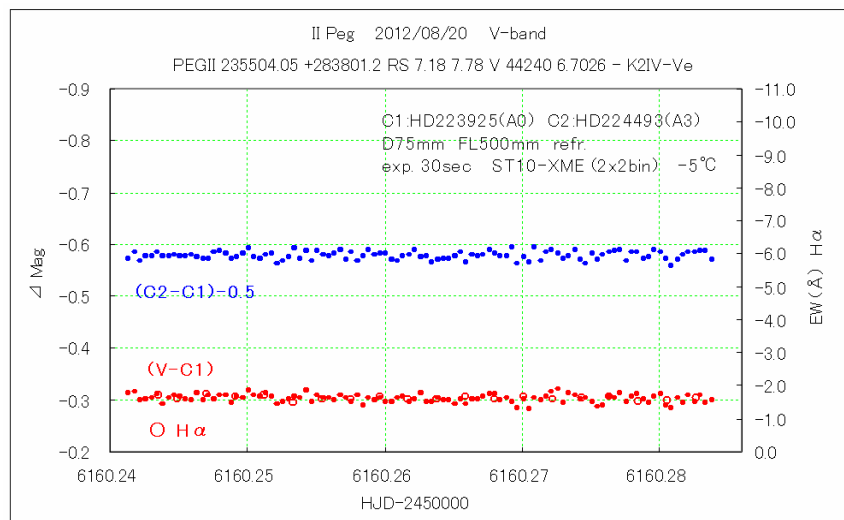


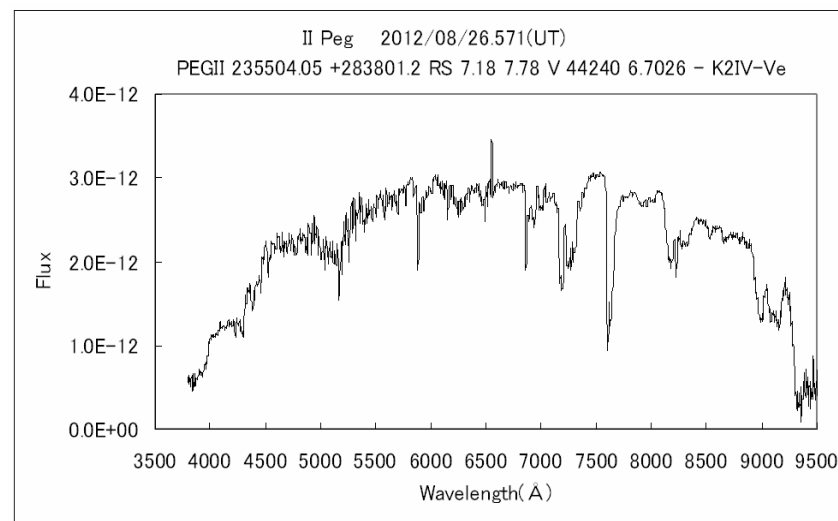
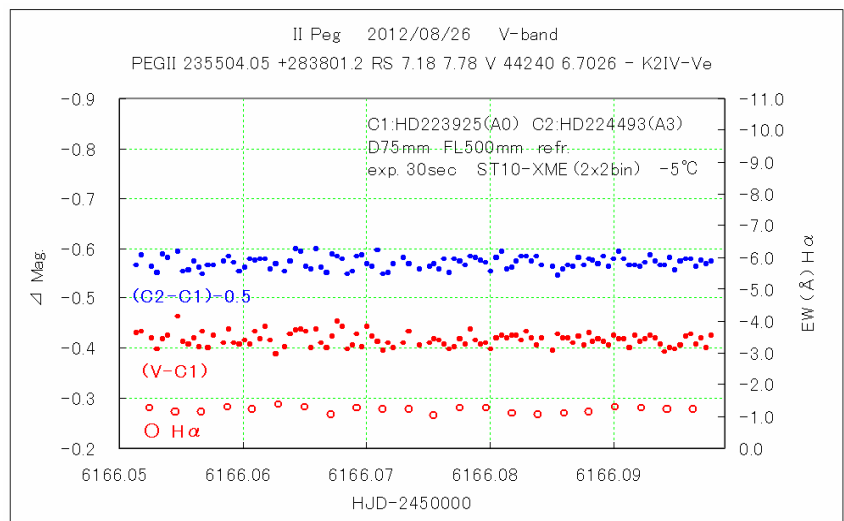
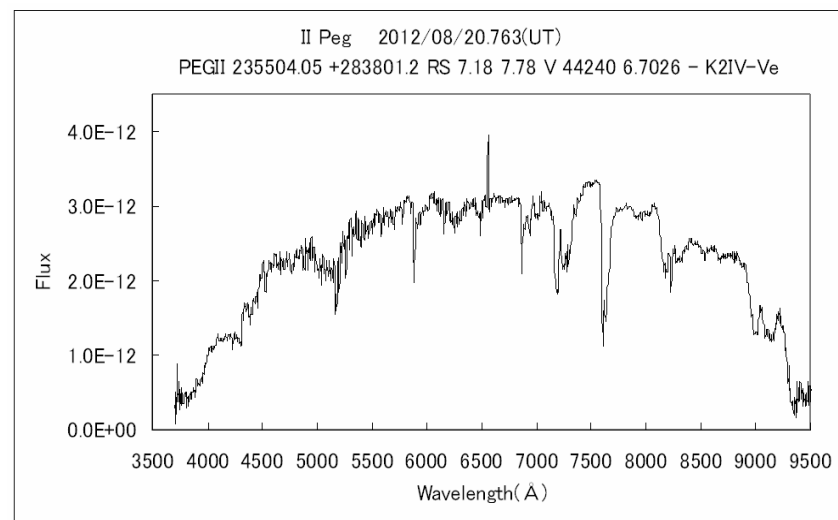
図2 等価幅測定例

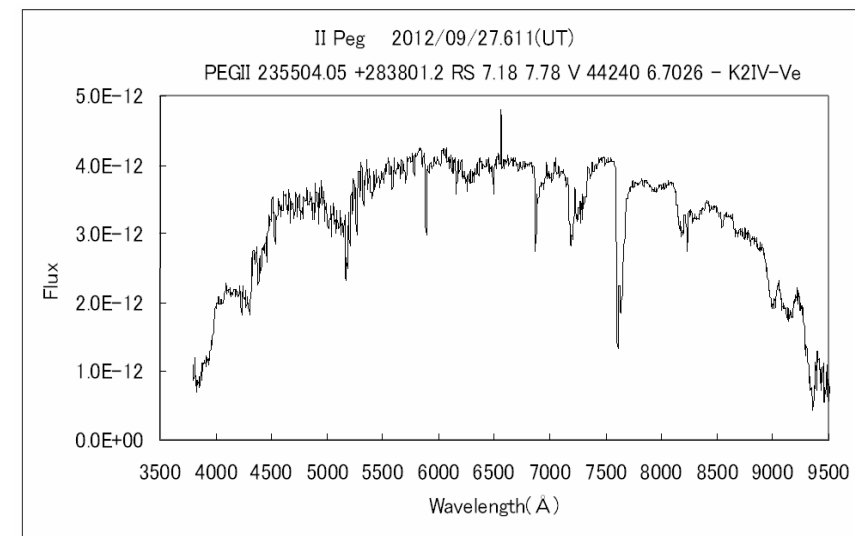
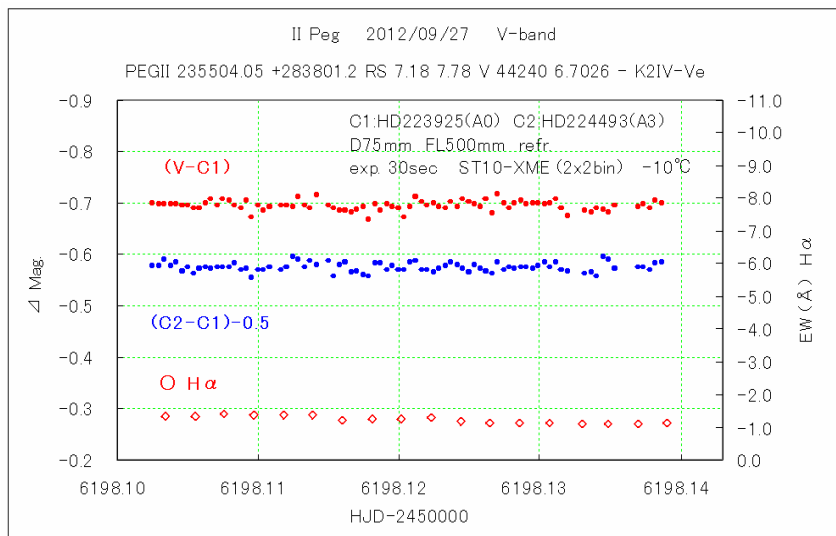
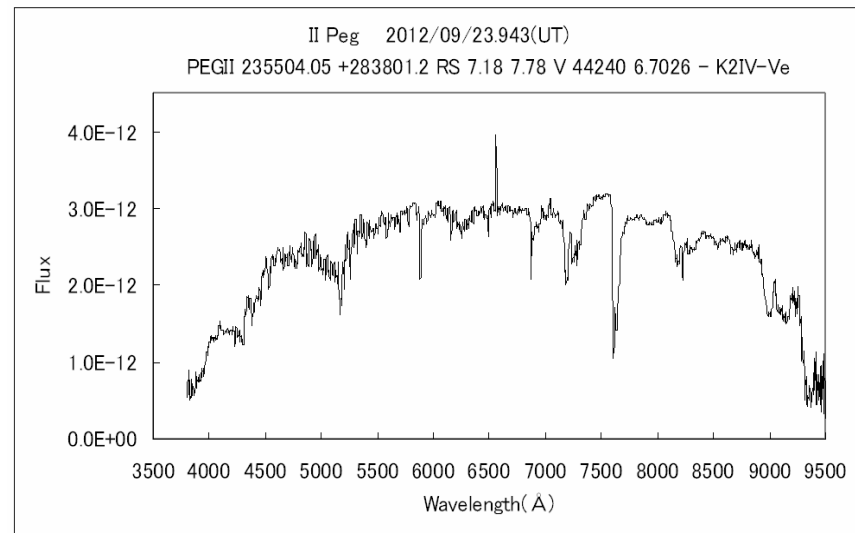
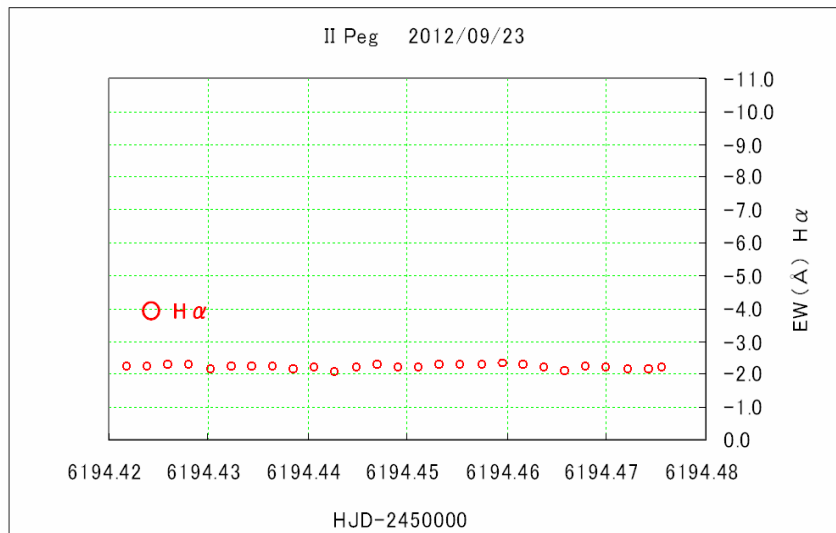
以下図3に毎夜のV-bandライトカーブ(左側)とスペクトル(右側)を示す。ライトカーブには輝線等価幅値を第二軸に記す。スペクトルは毎夜の平均を表す。9/23は測光観測を失敗しスペクトルのみ。

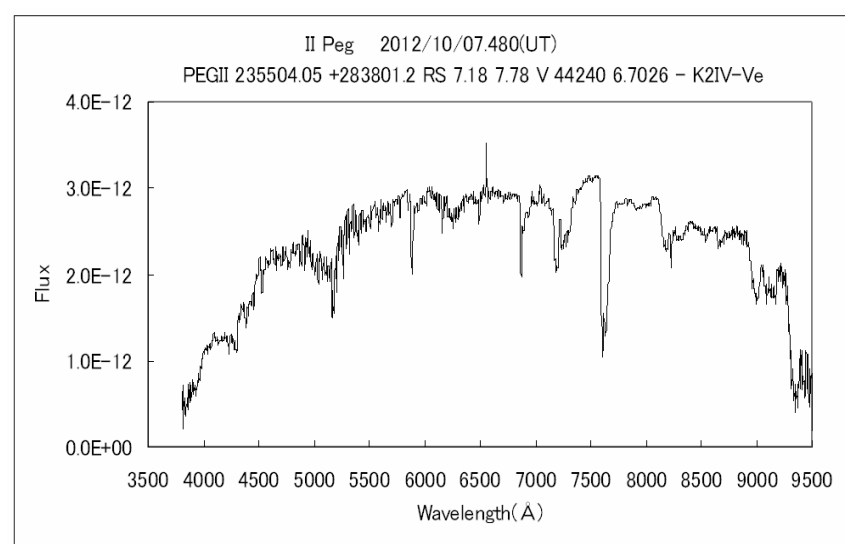
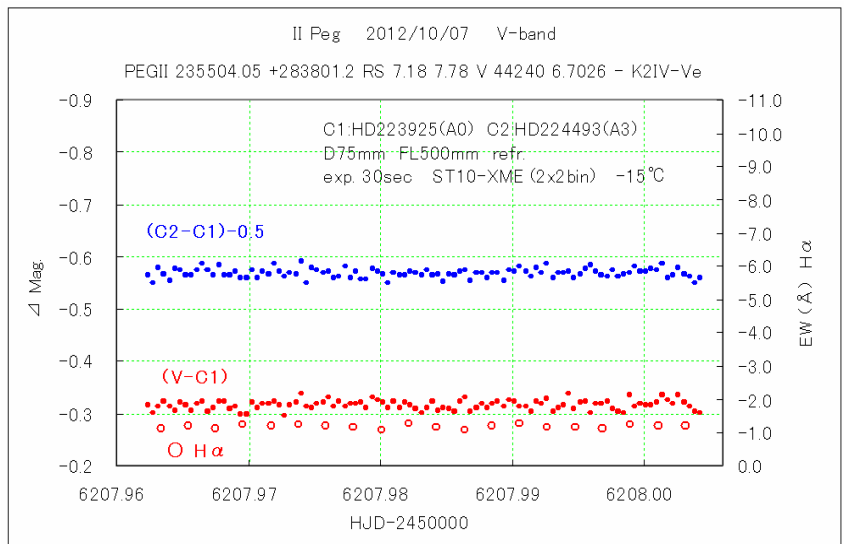
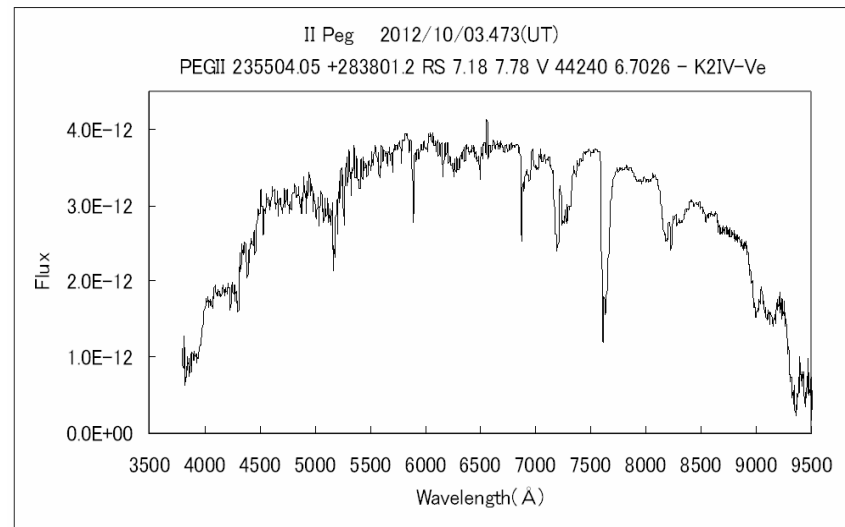
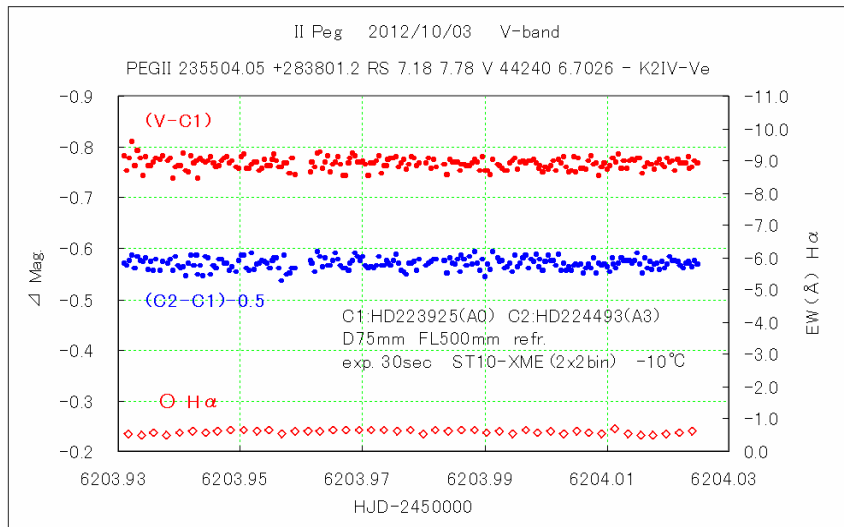
# ライトカーブと輝線等価幅



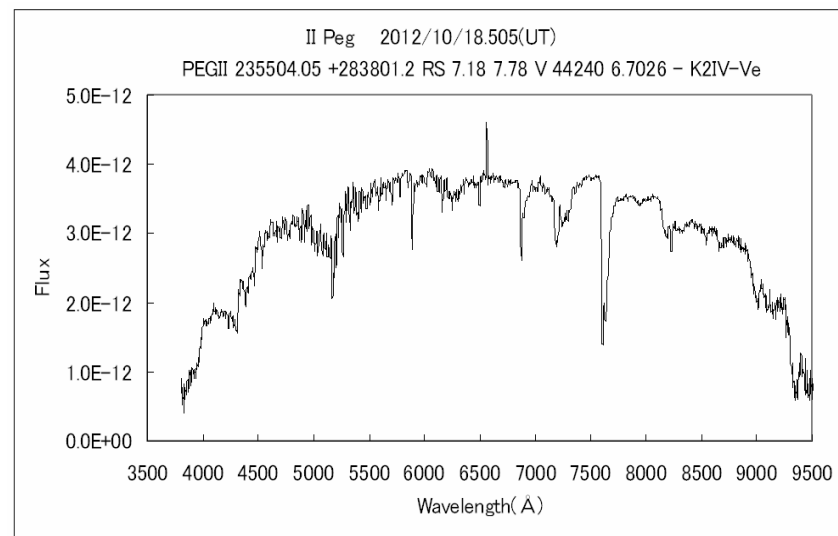
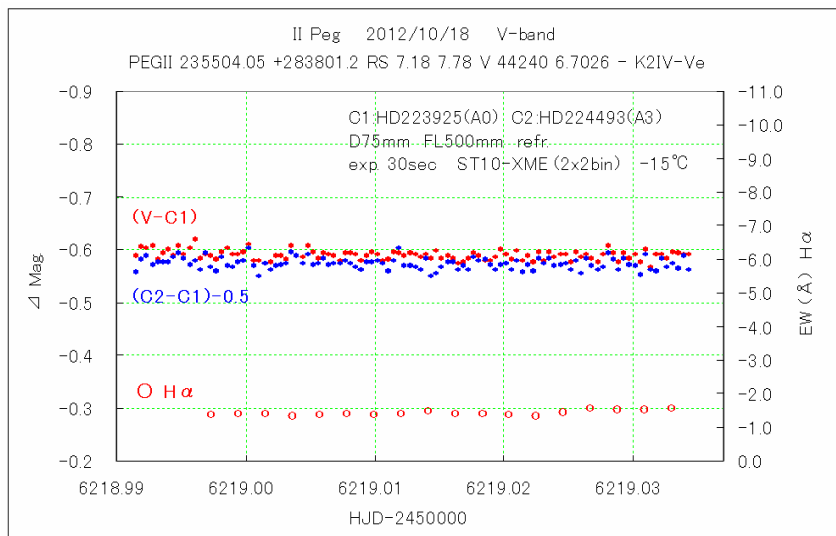
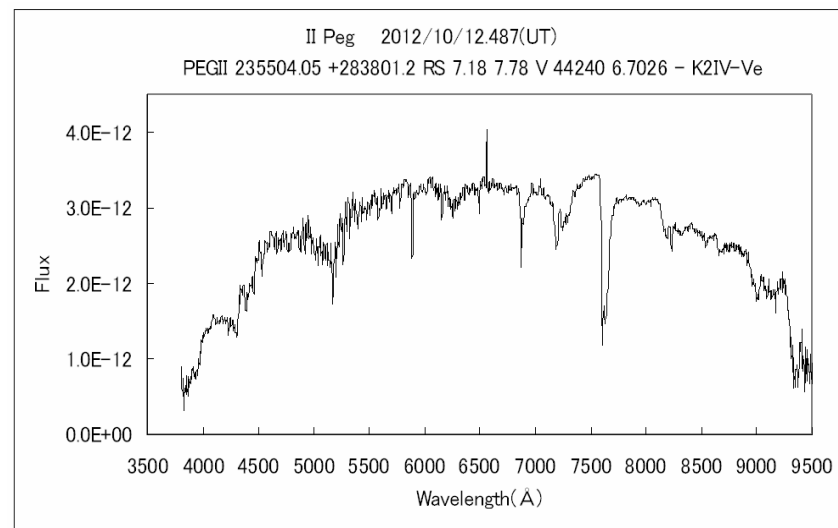
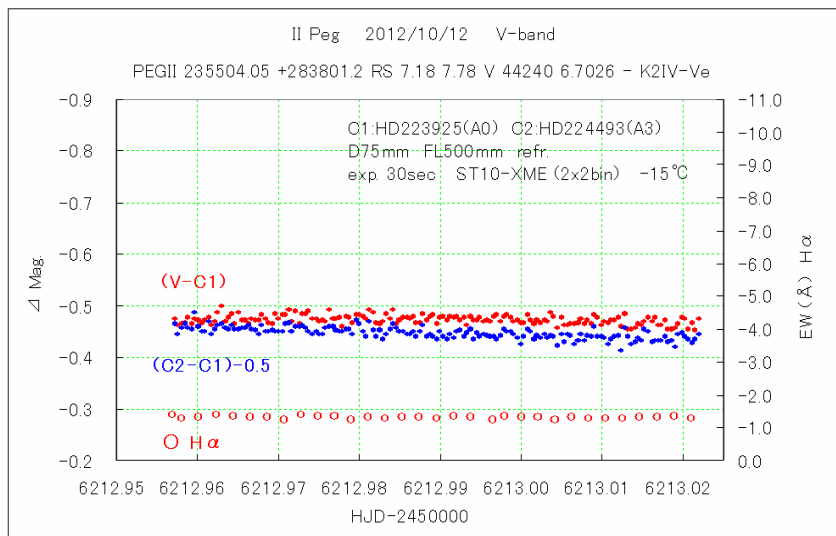
# スペクトル

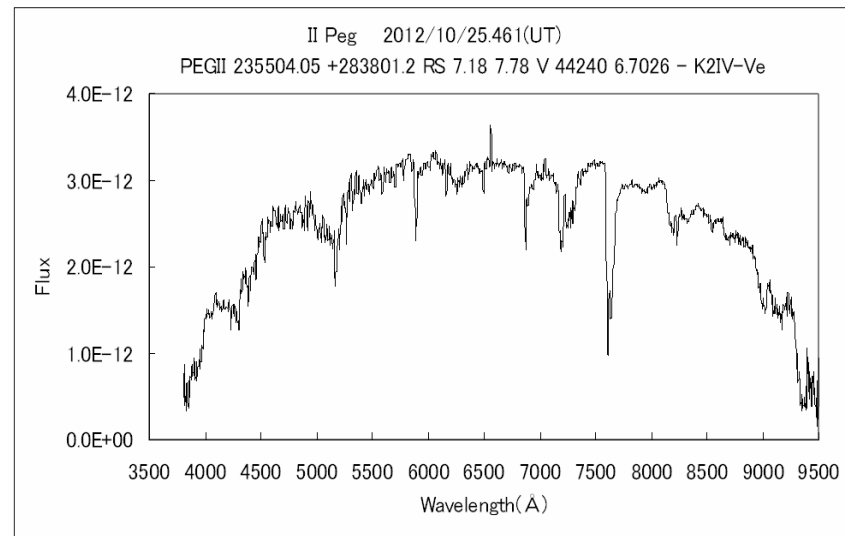
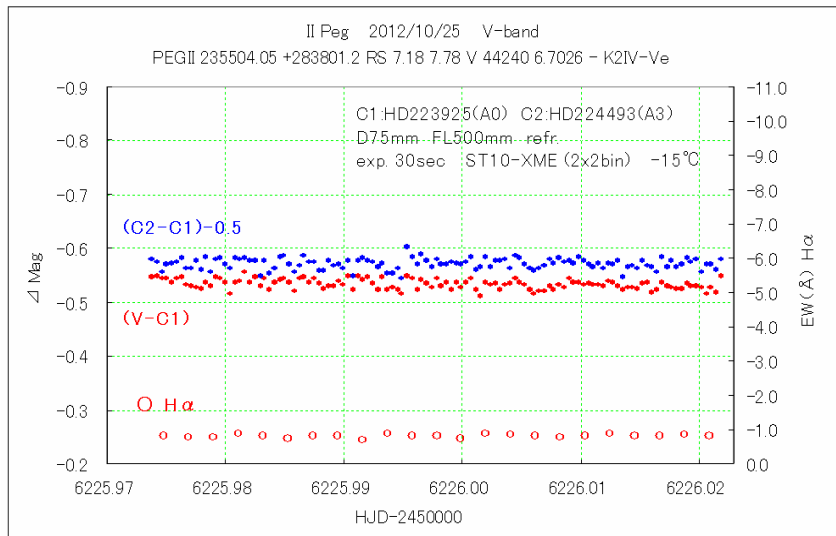
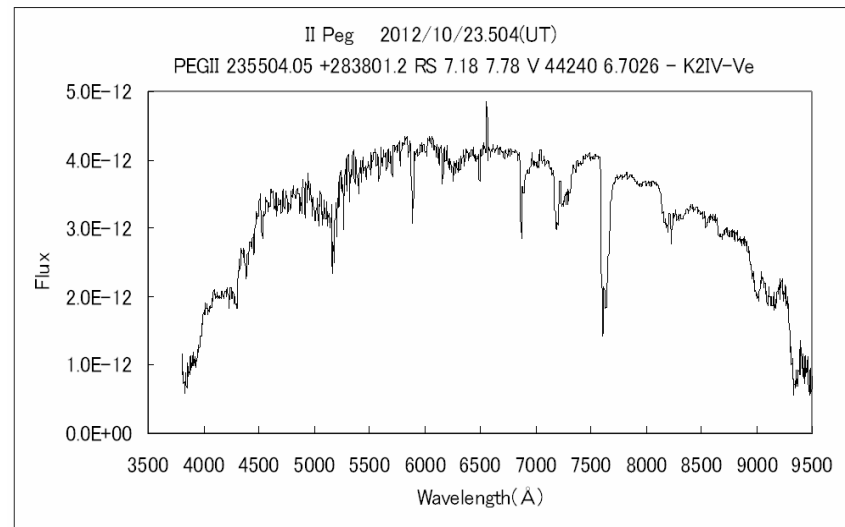
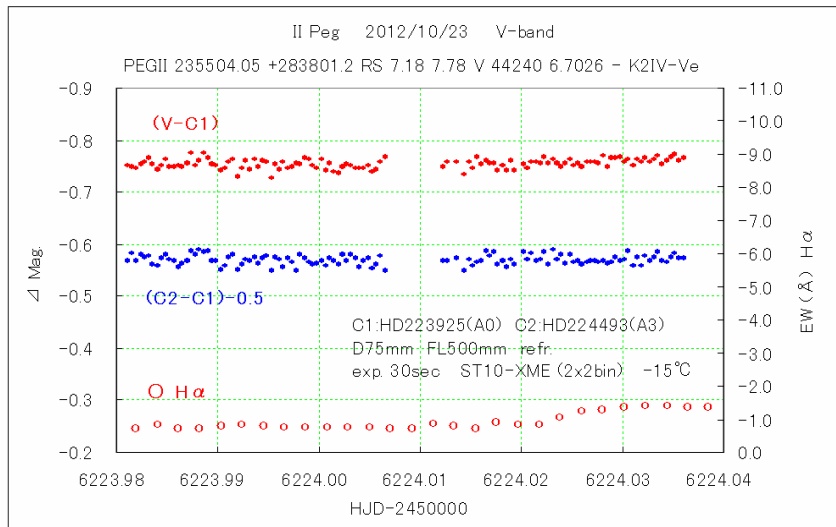


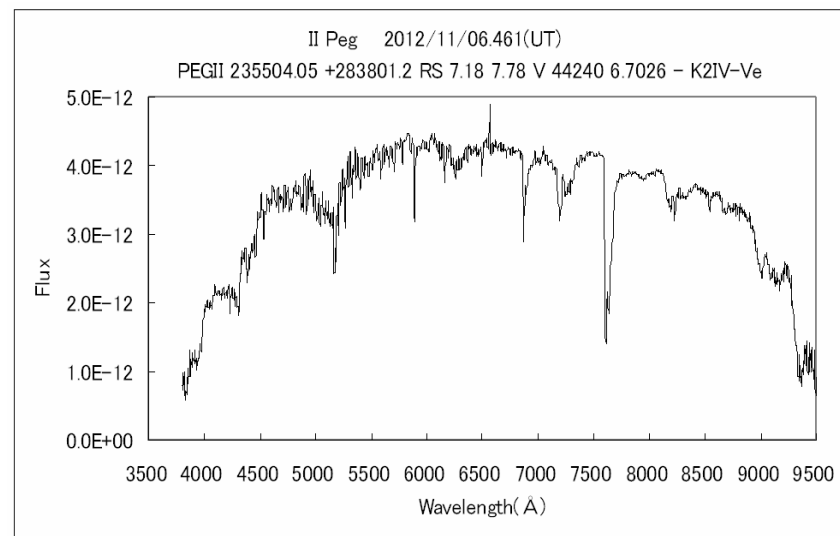
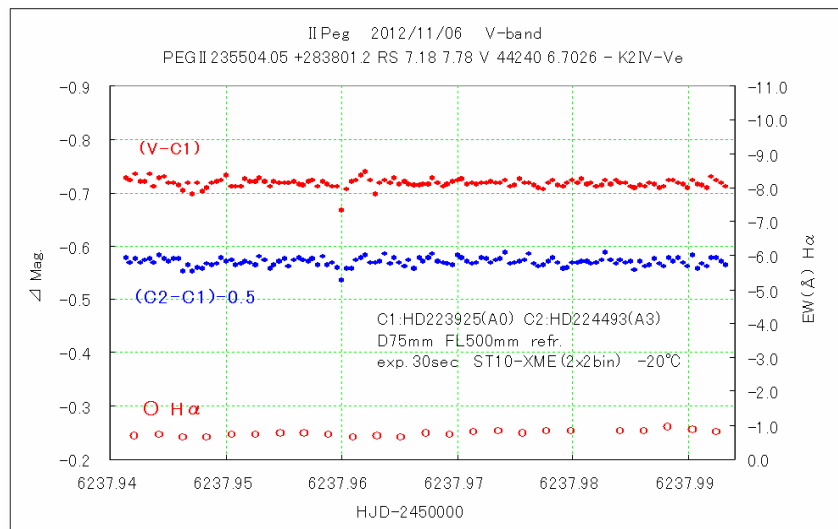
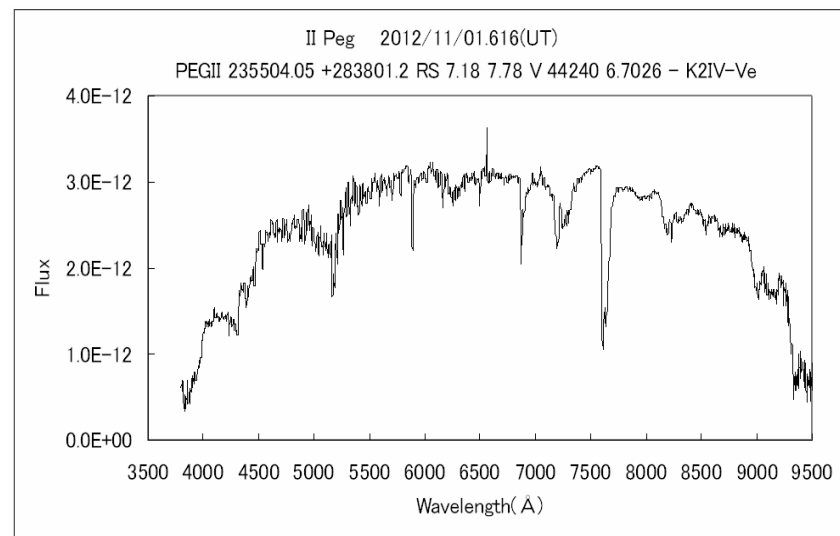
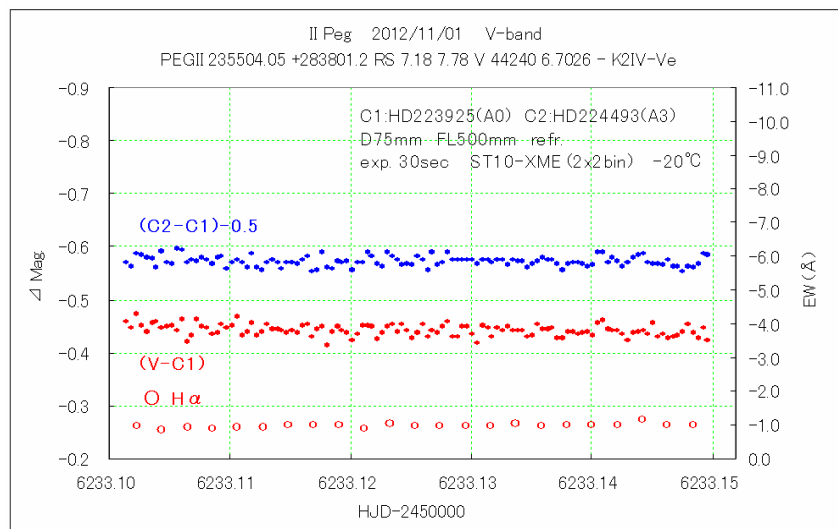


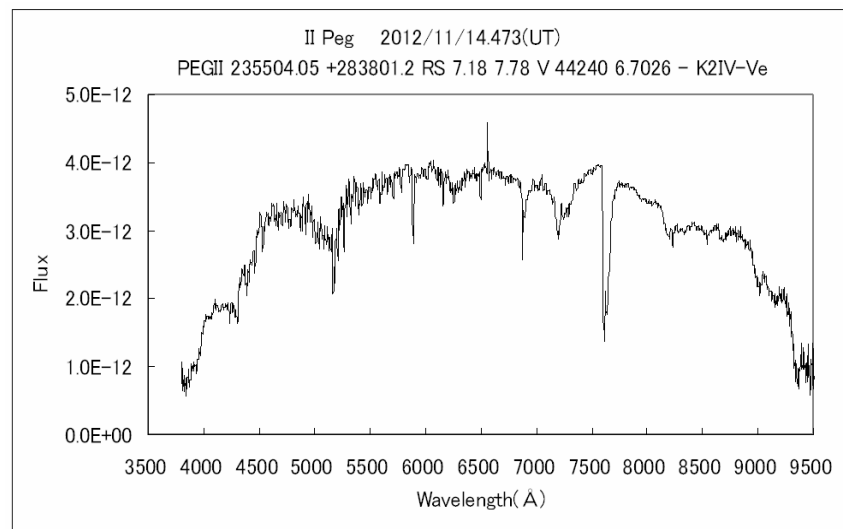
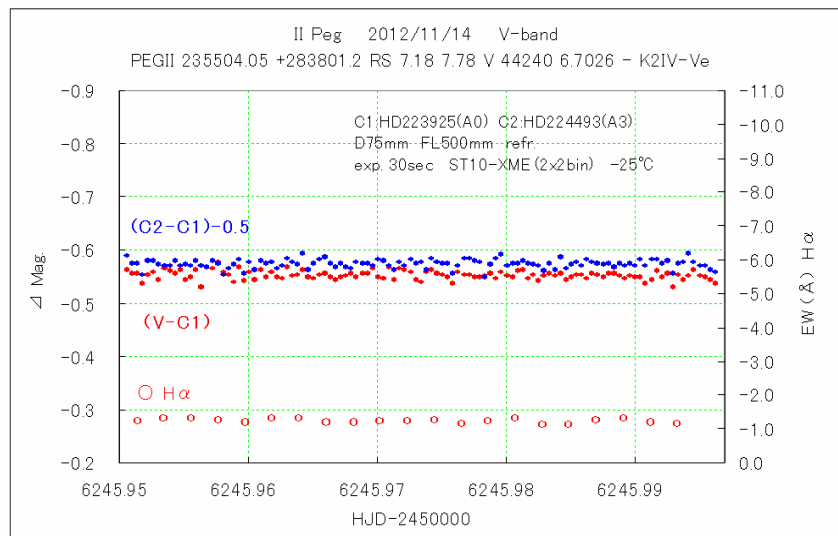
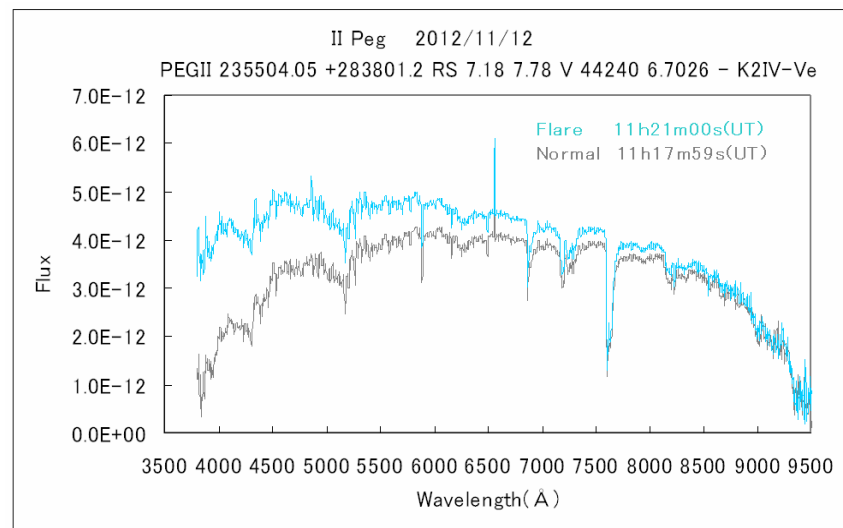
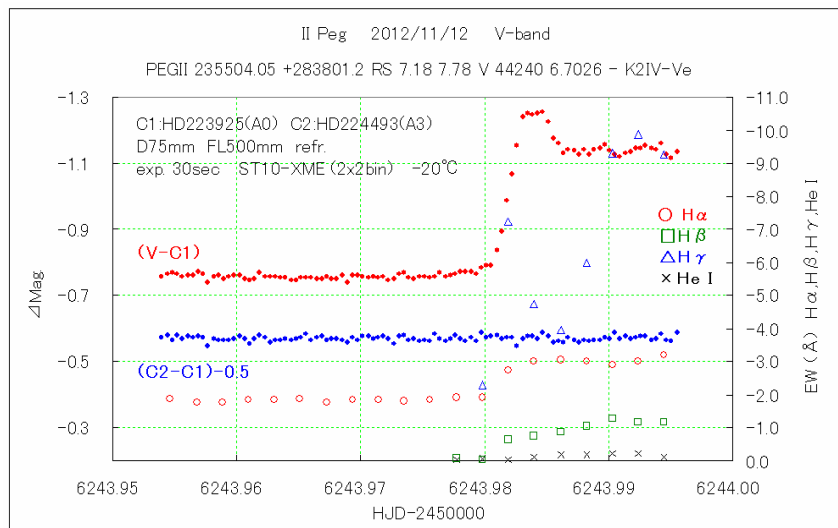


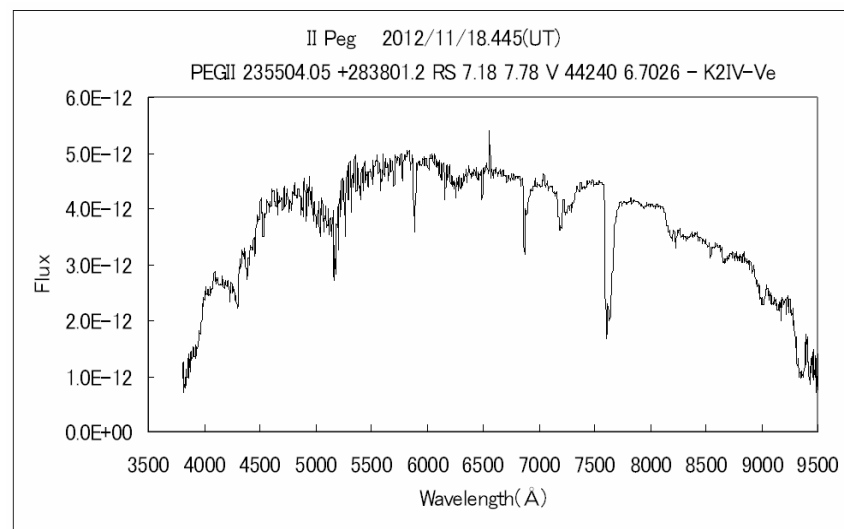
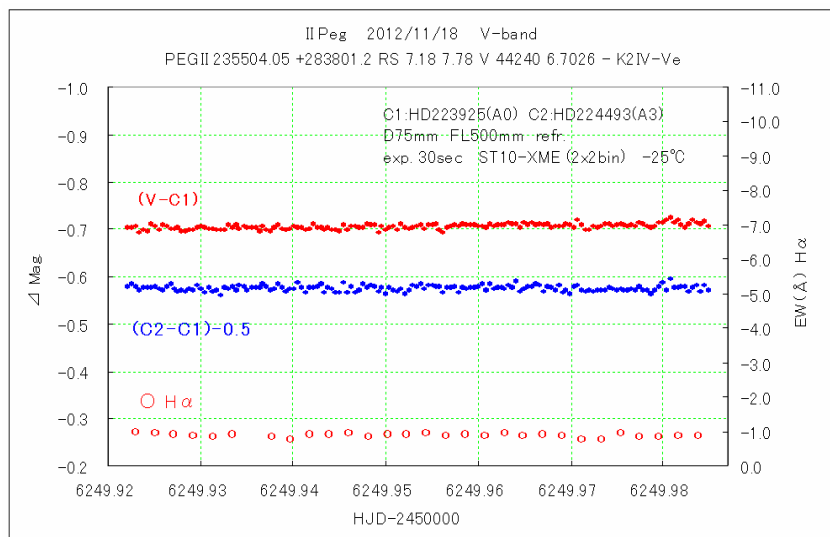
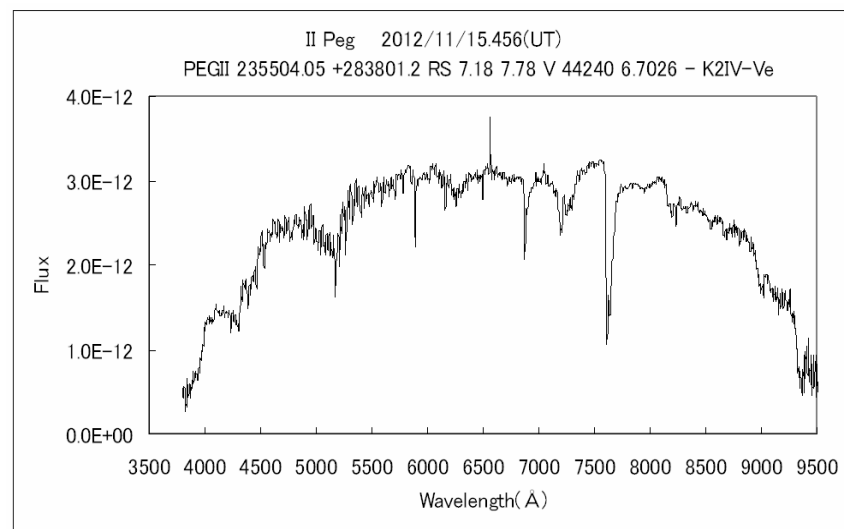
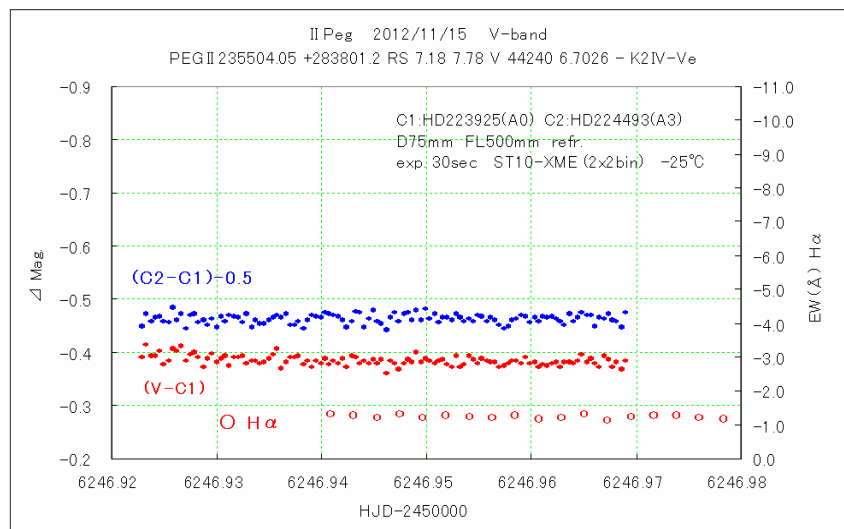


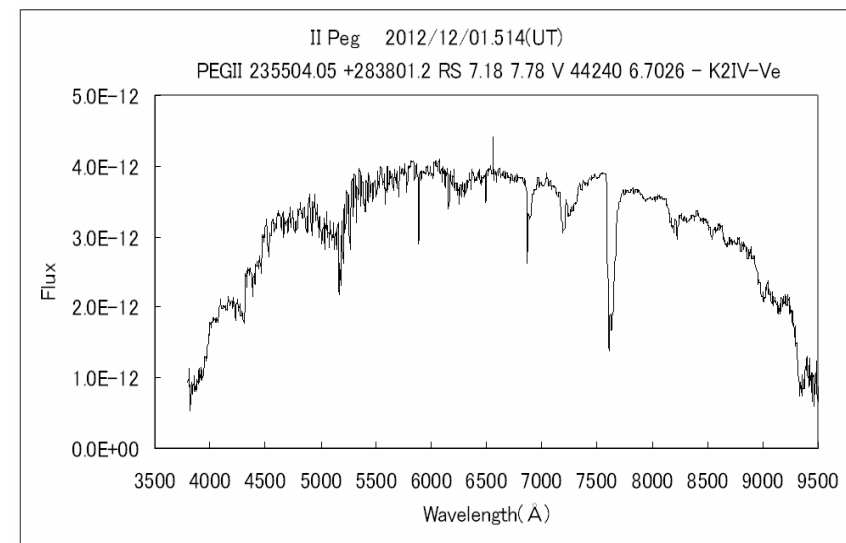
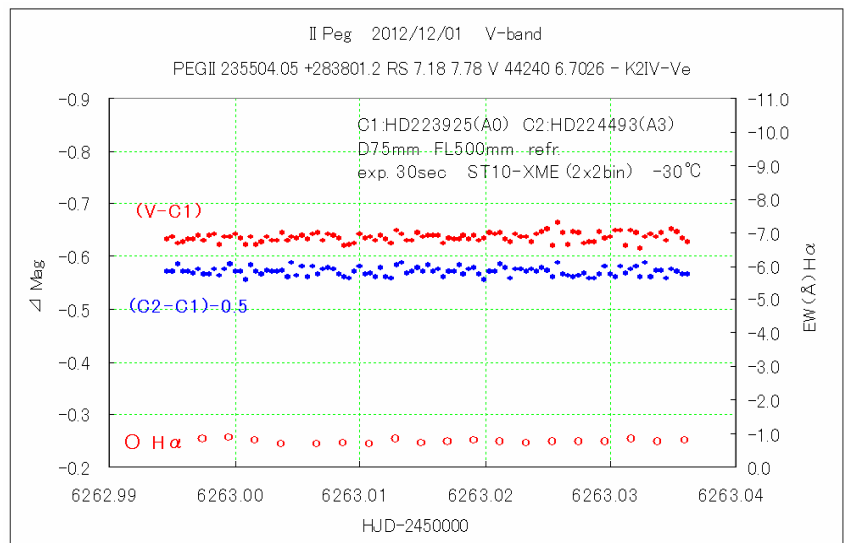
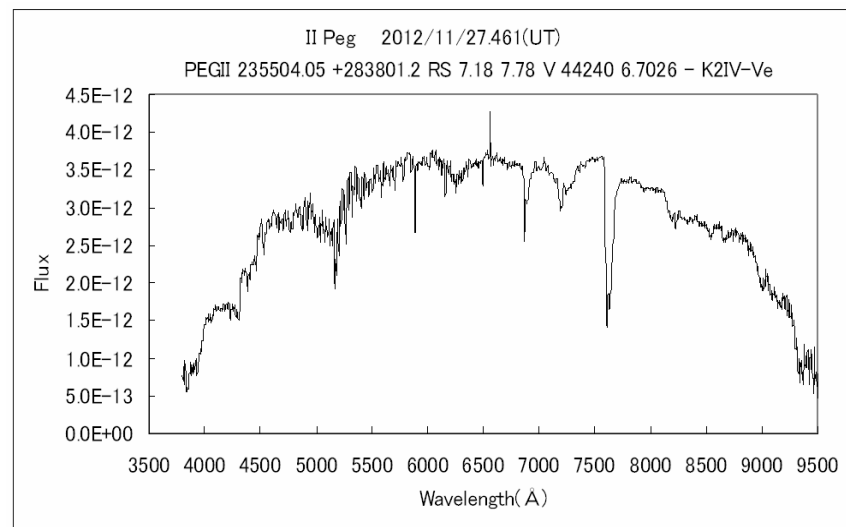
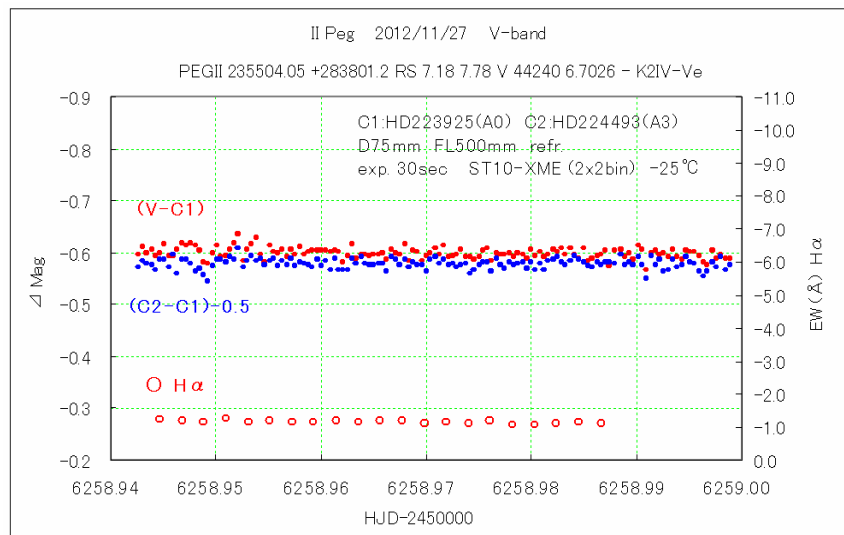


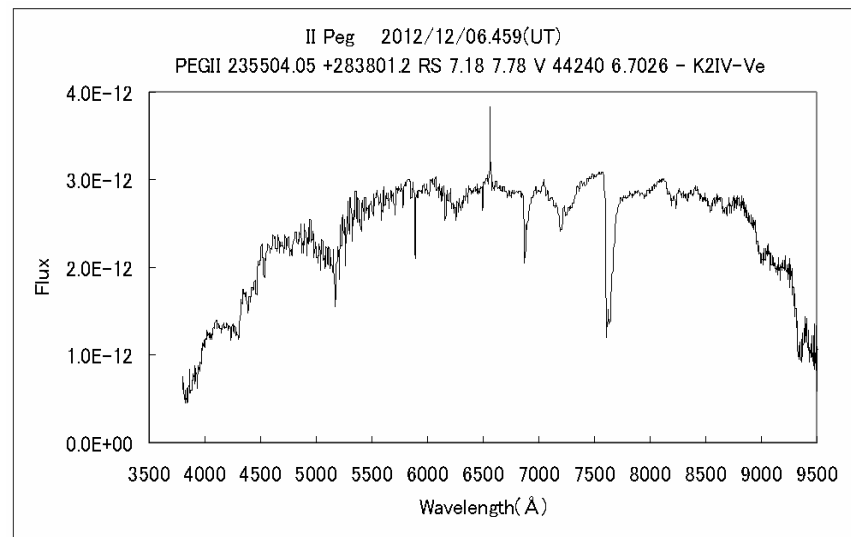
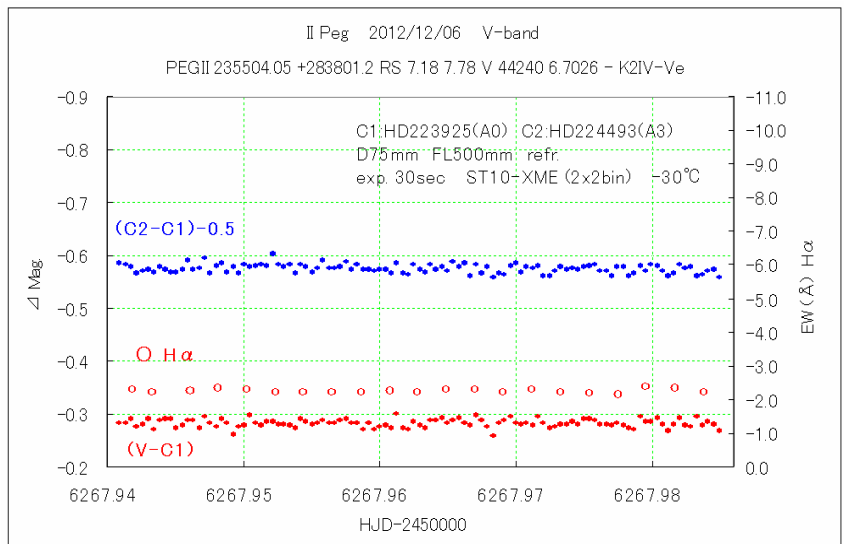
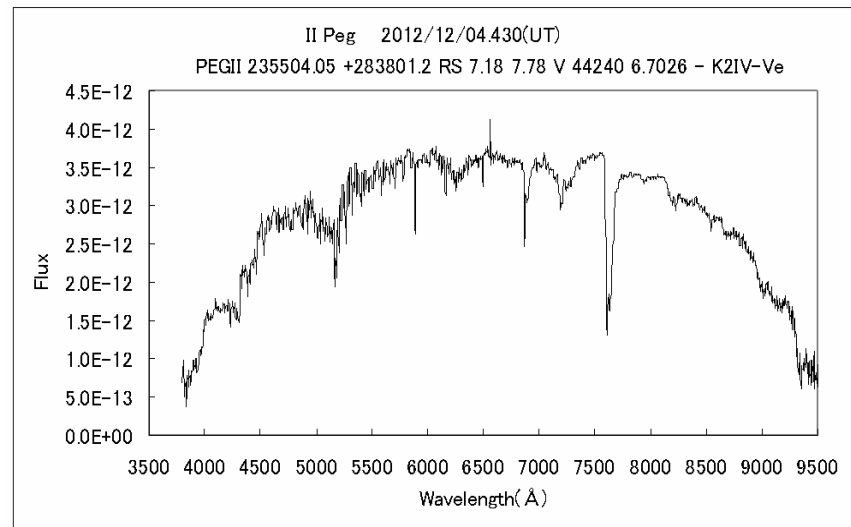
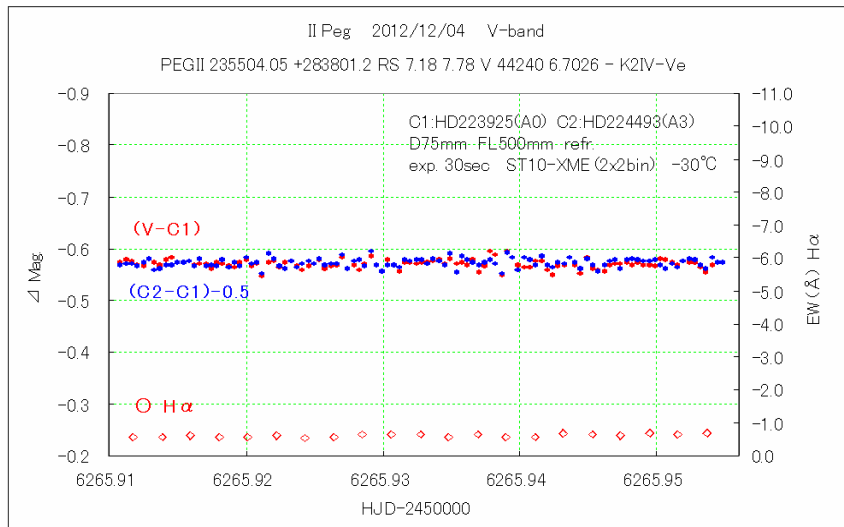


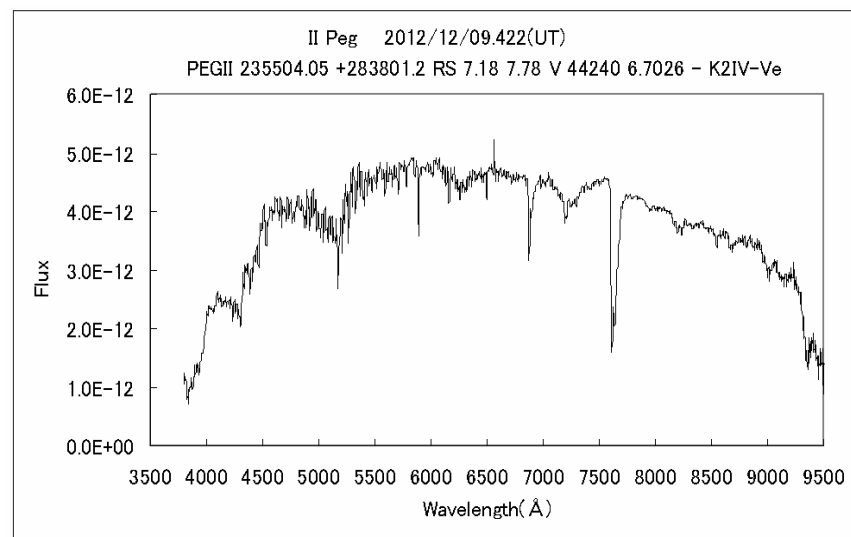
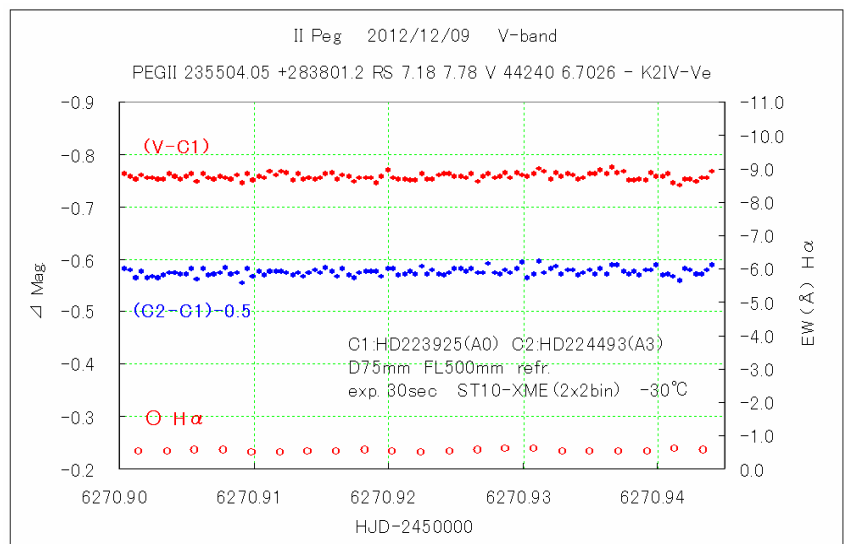
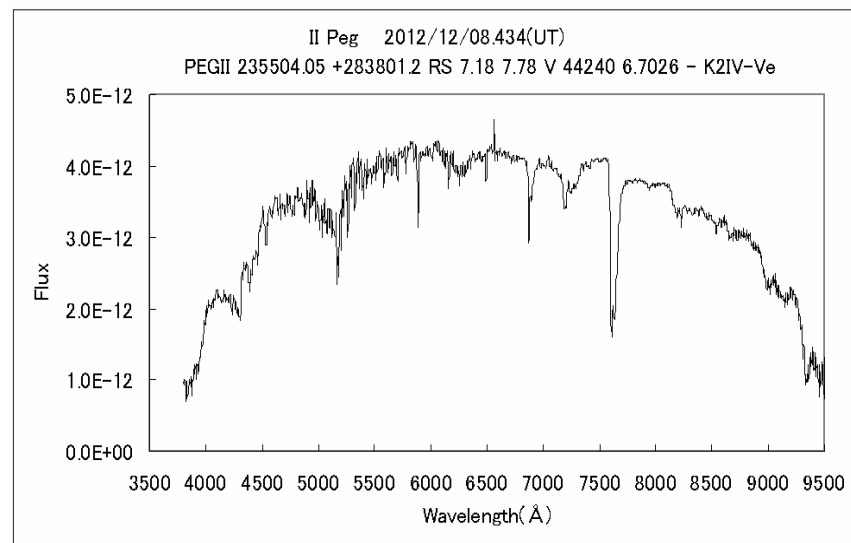
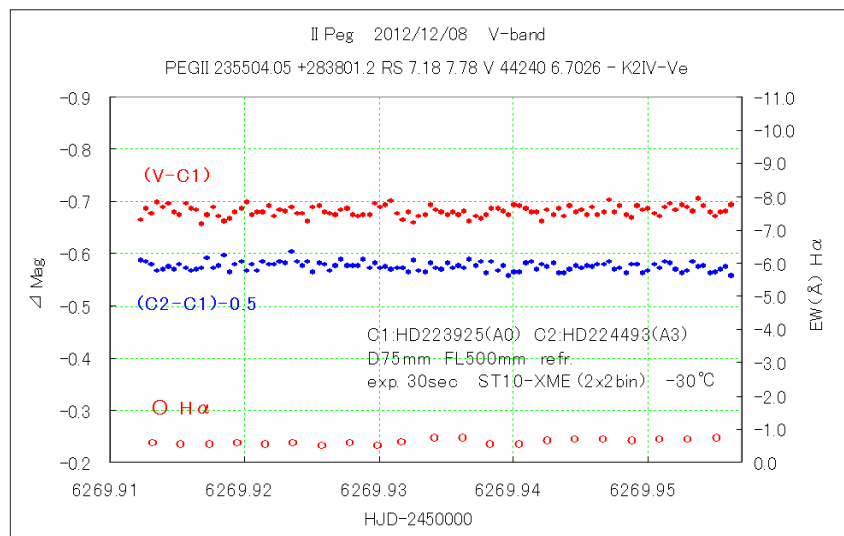




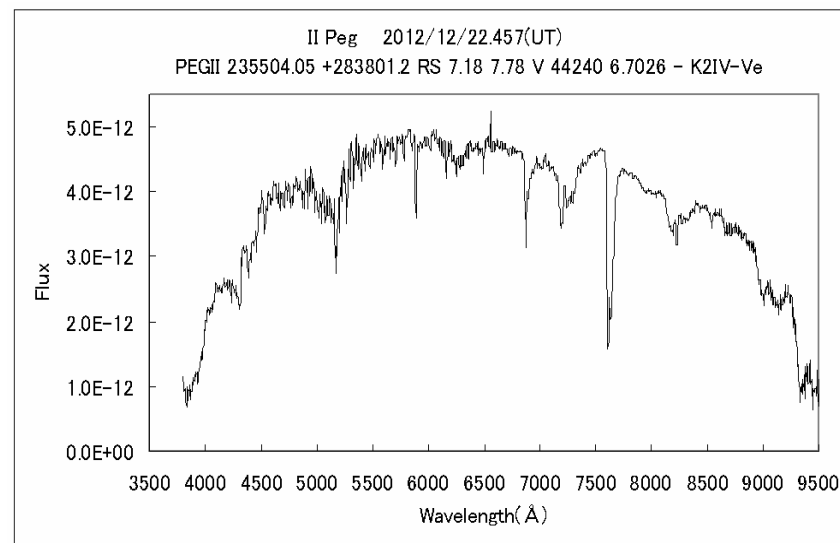
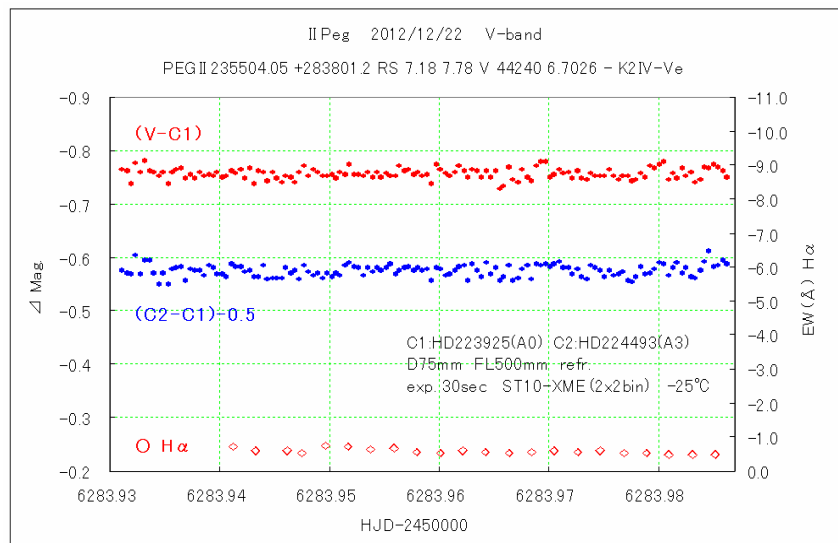
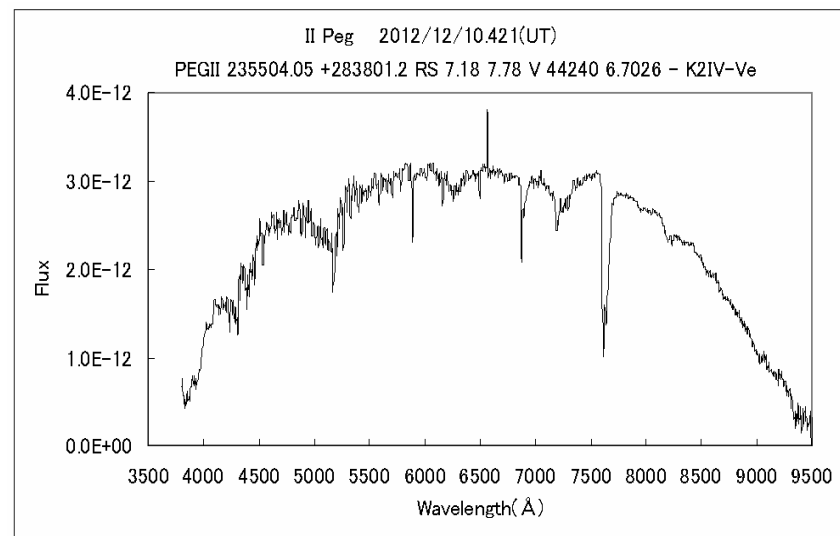
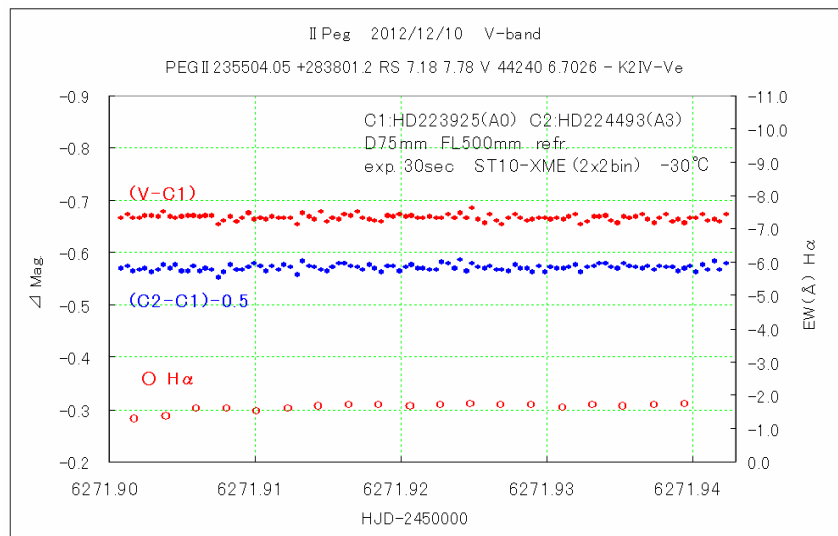


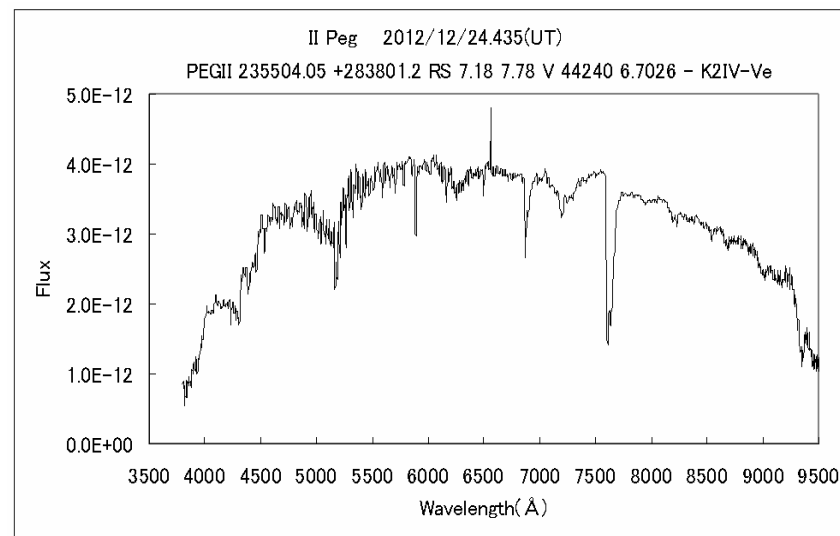
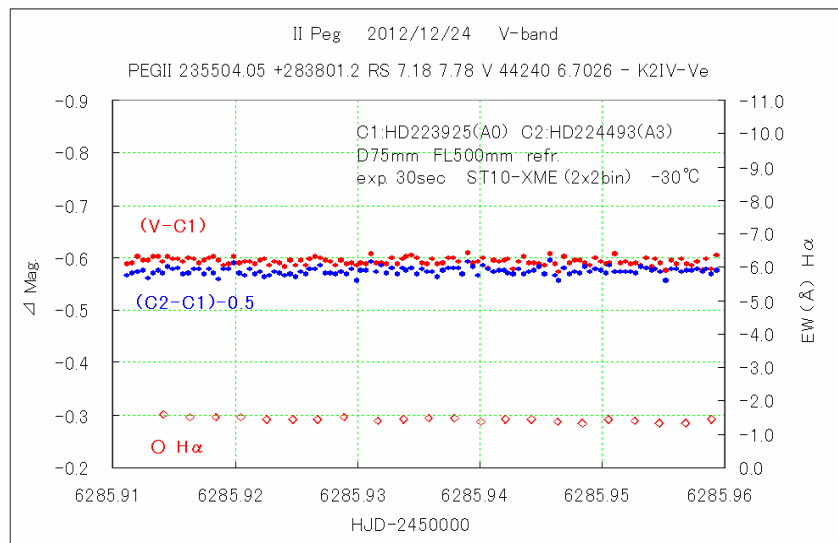
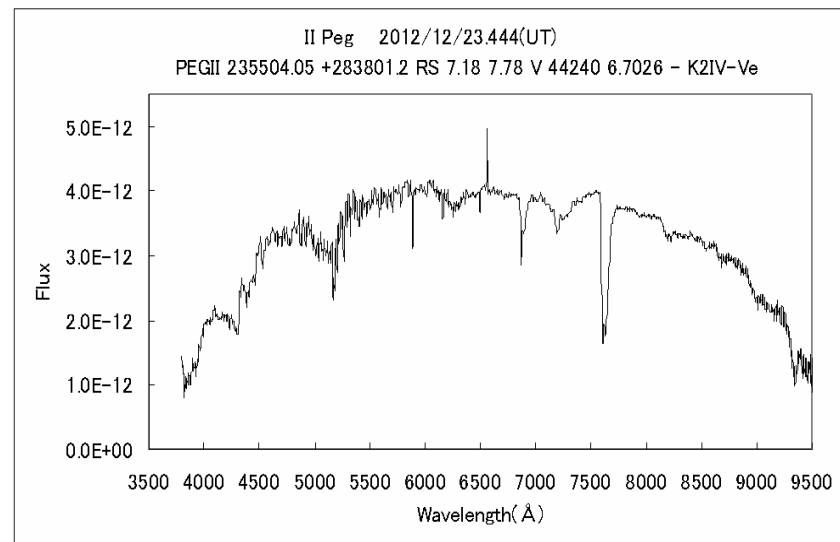
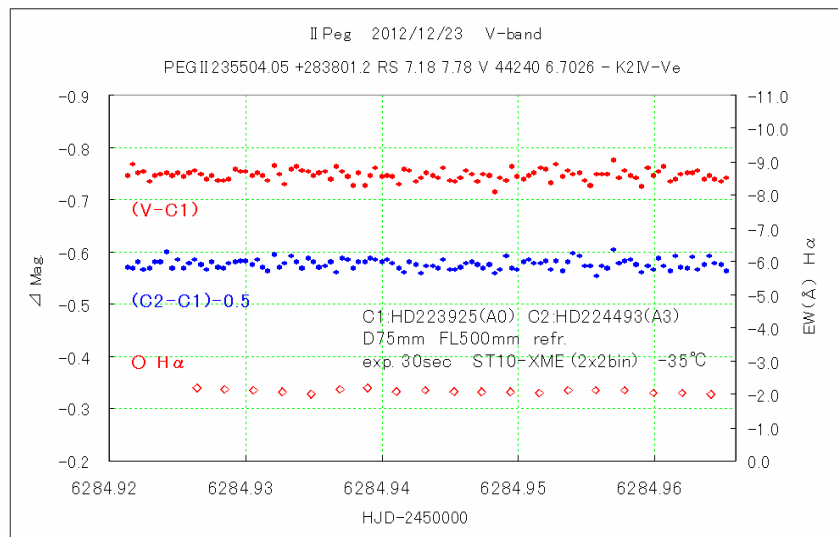


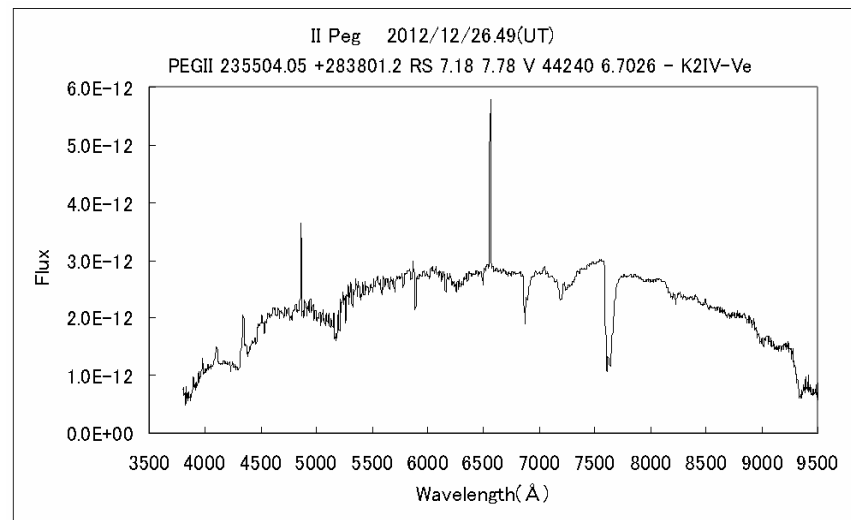
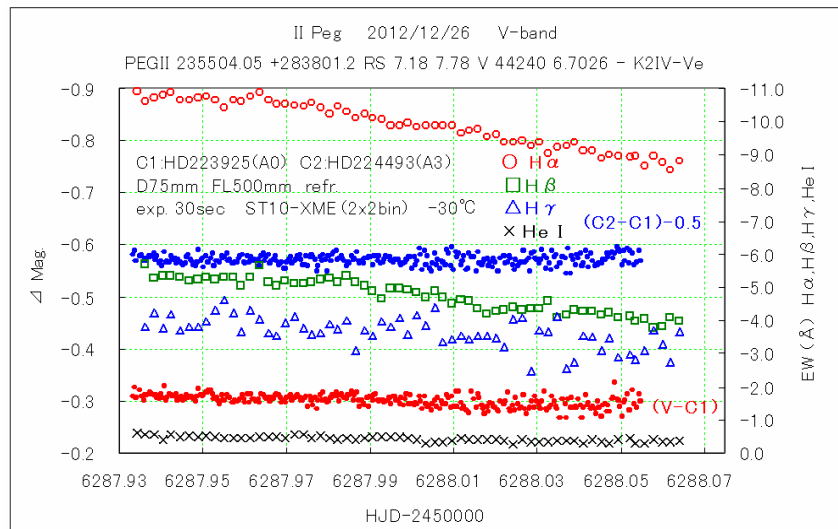
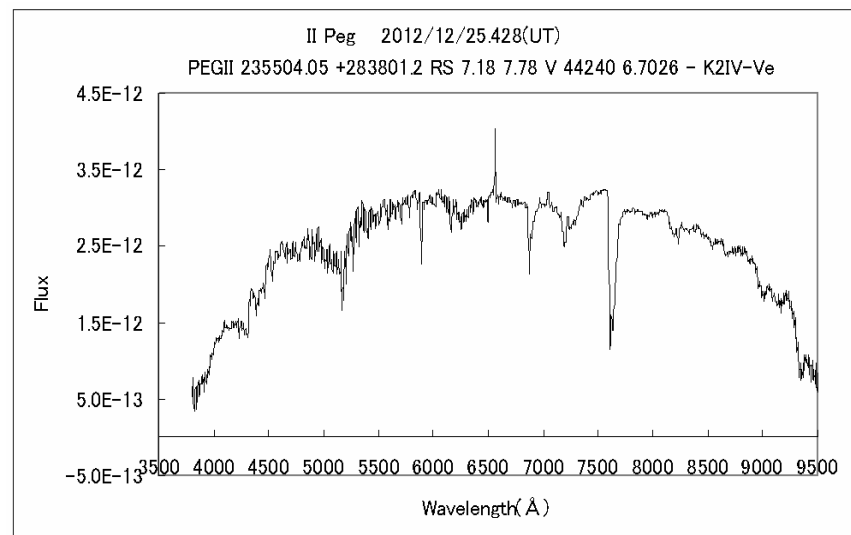
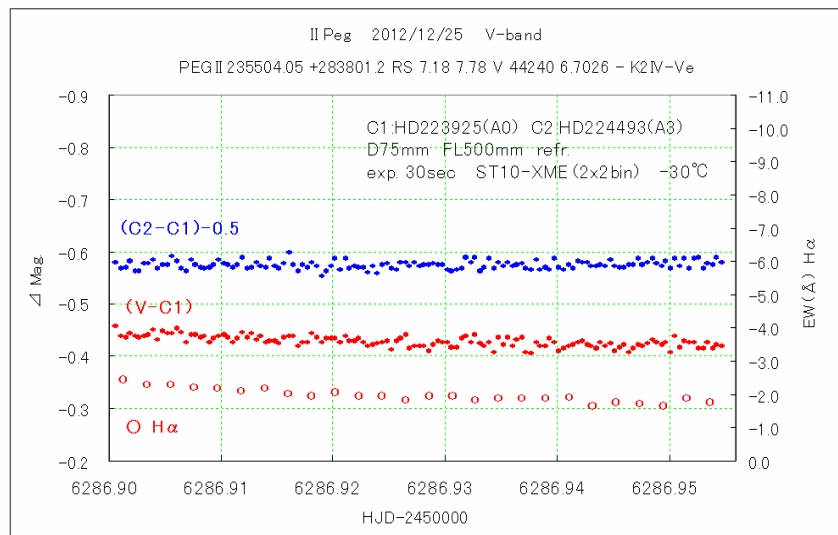


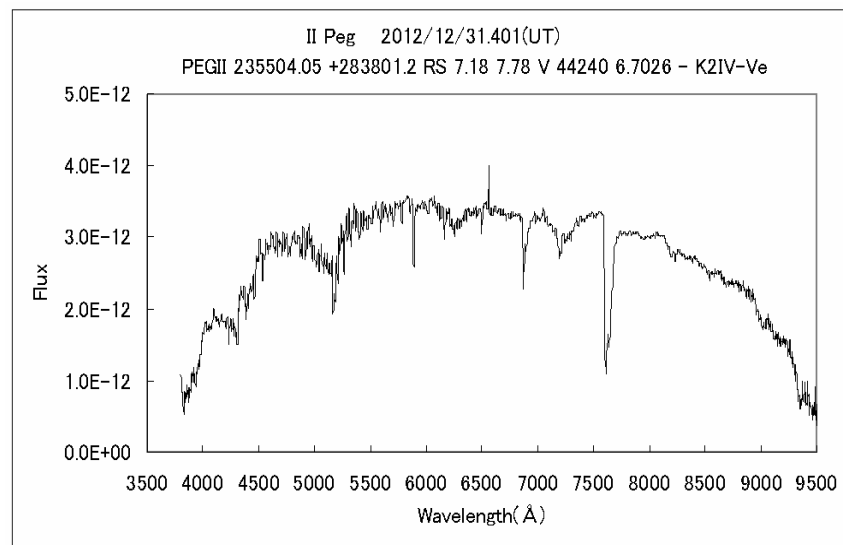
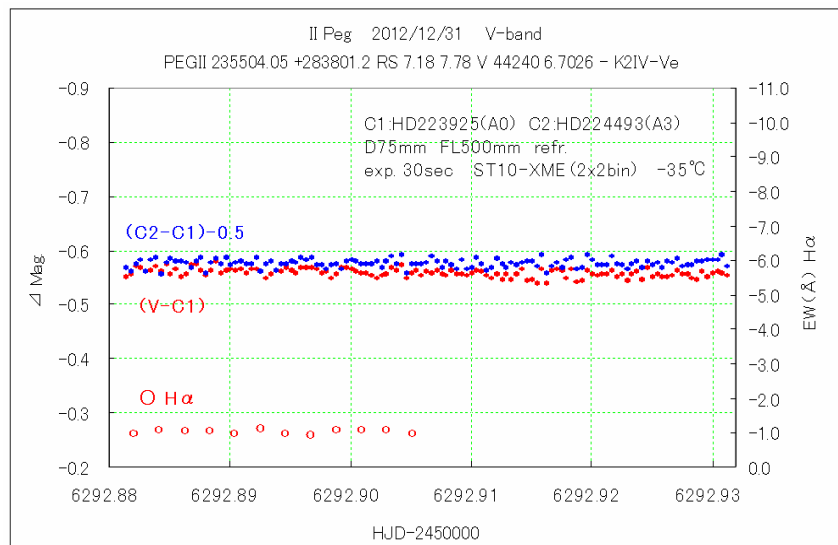
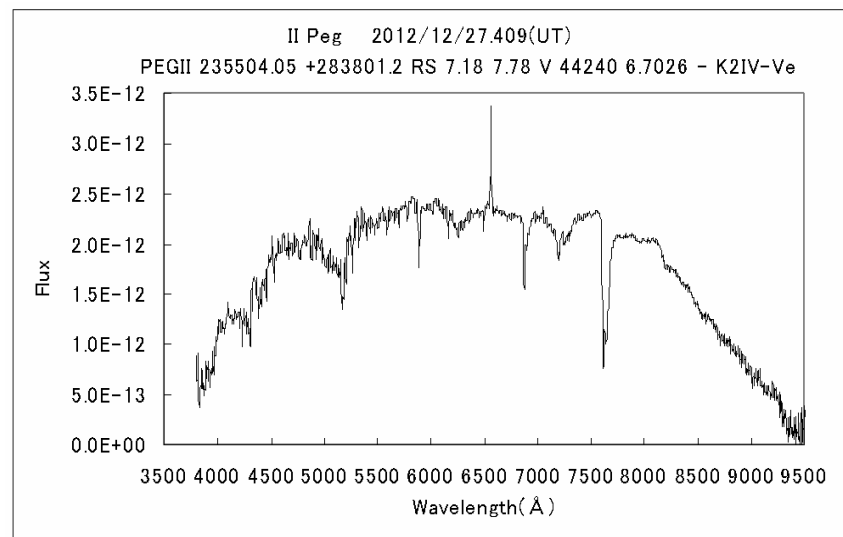
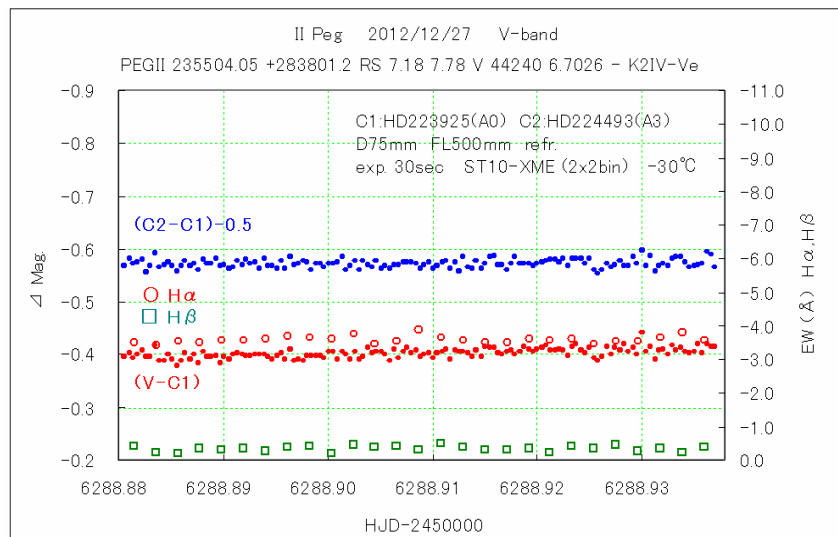


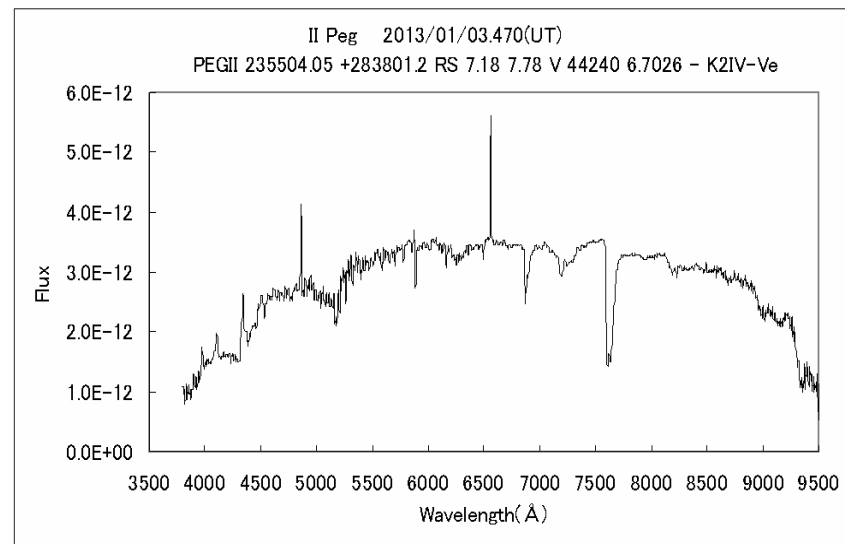
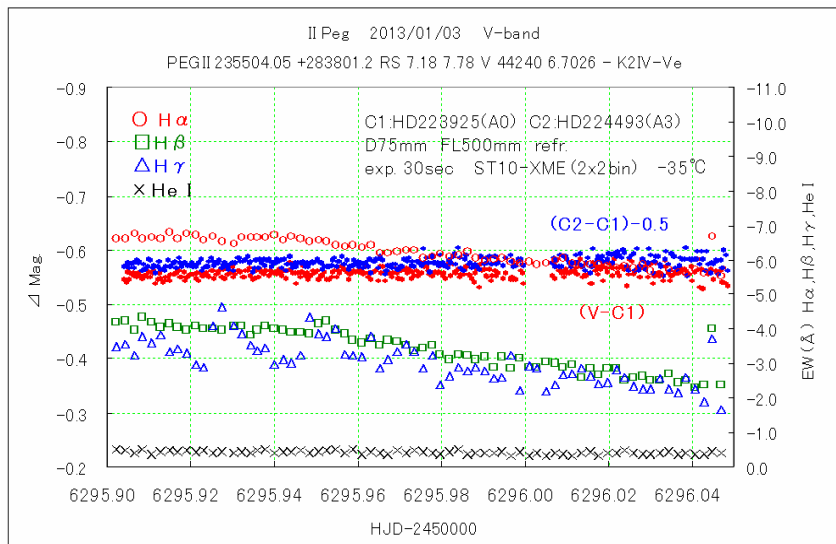
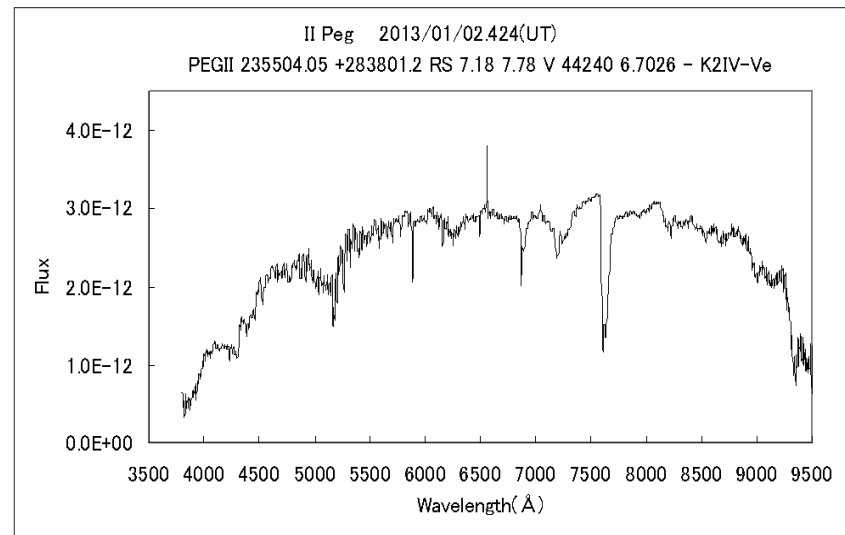
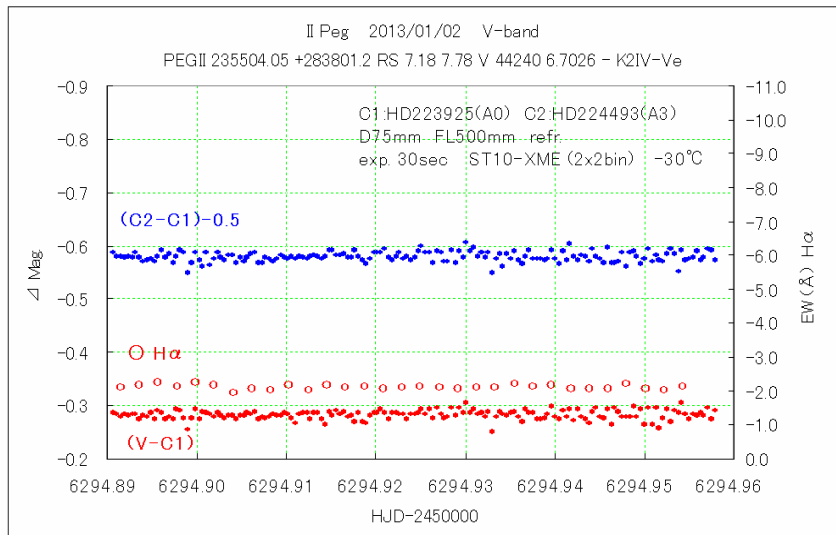


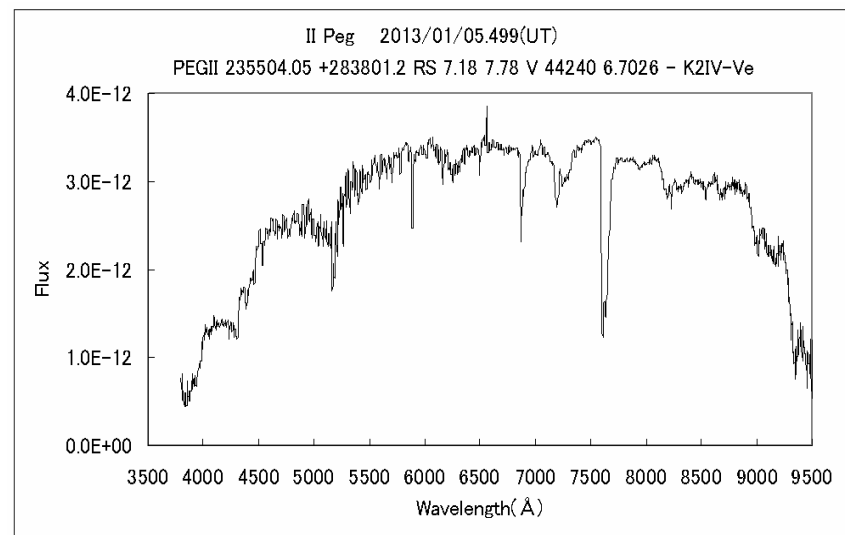
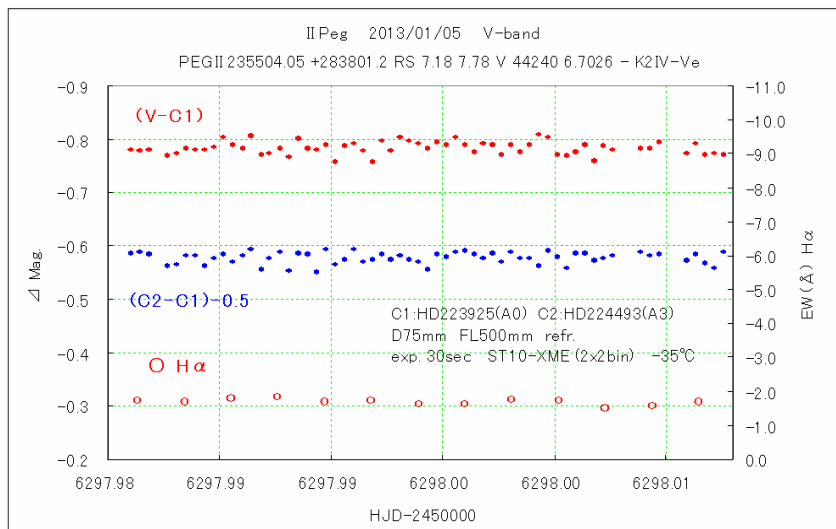
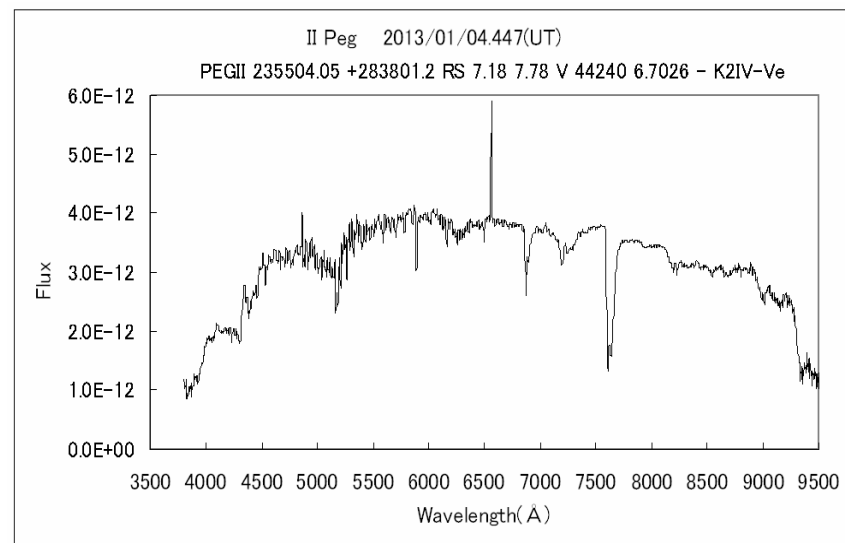
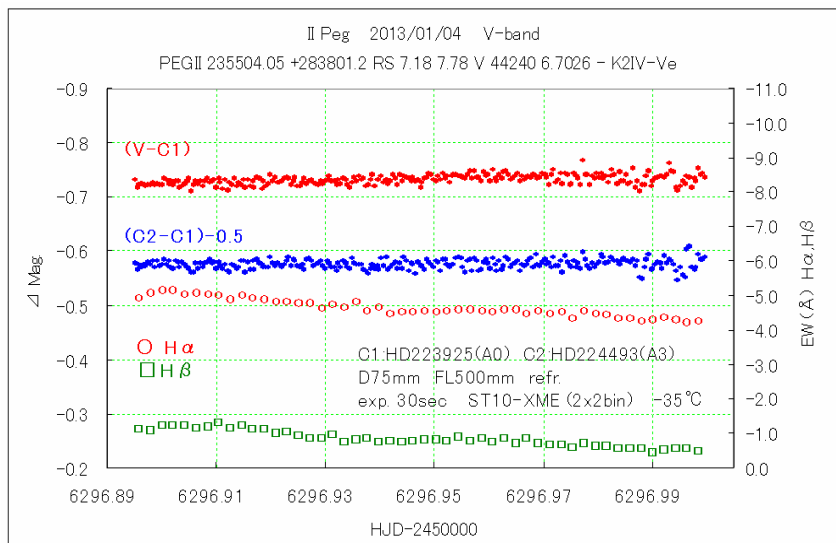


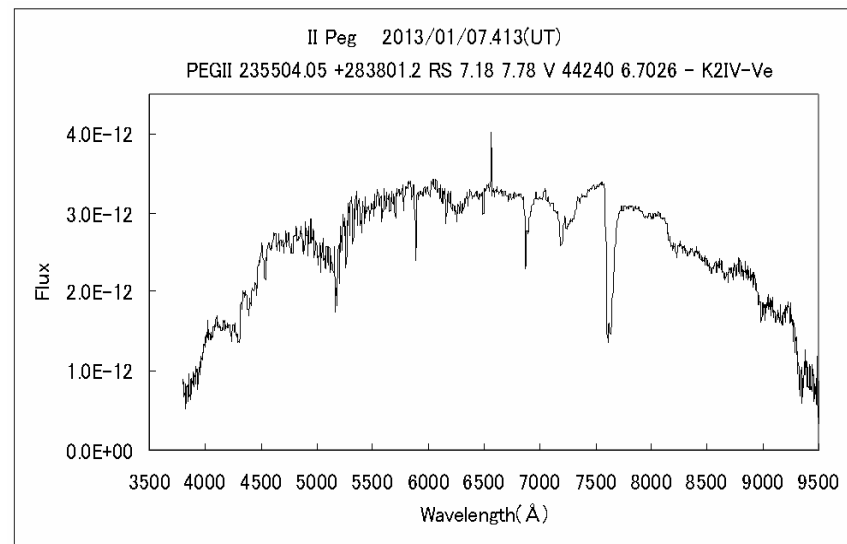
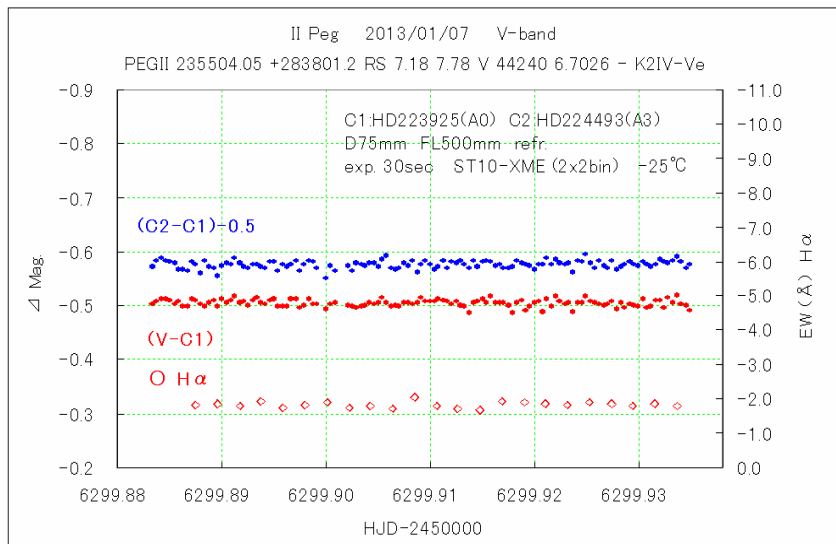
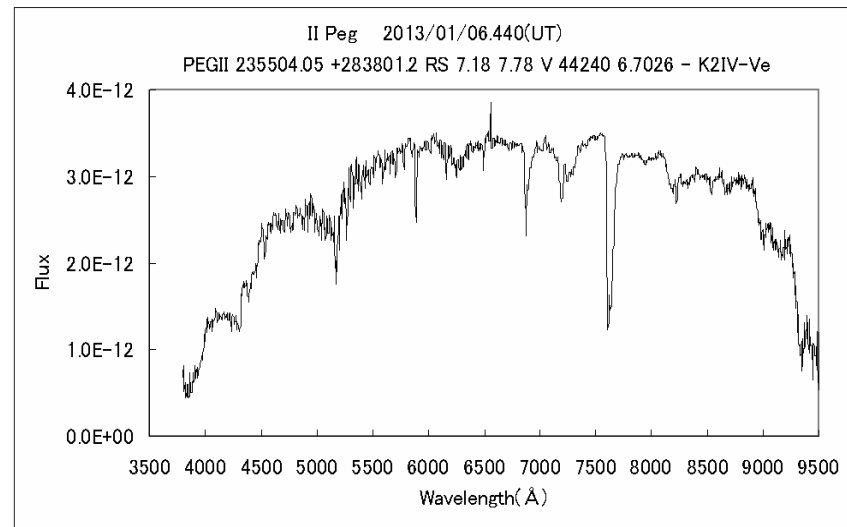
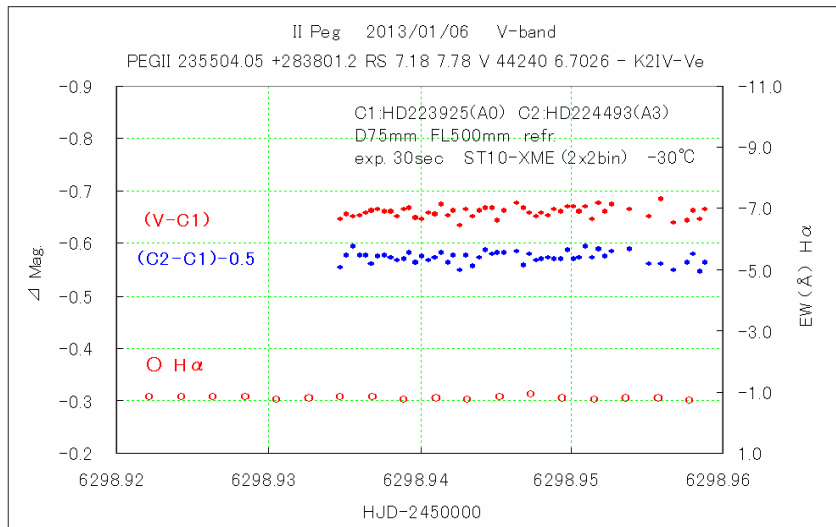


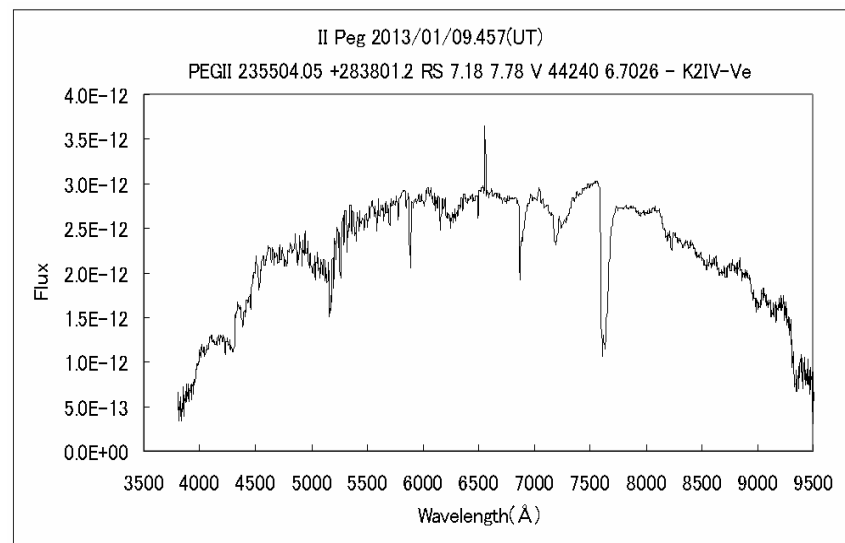
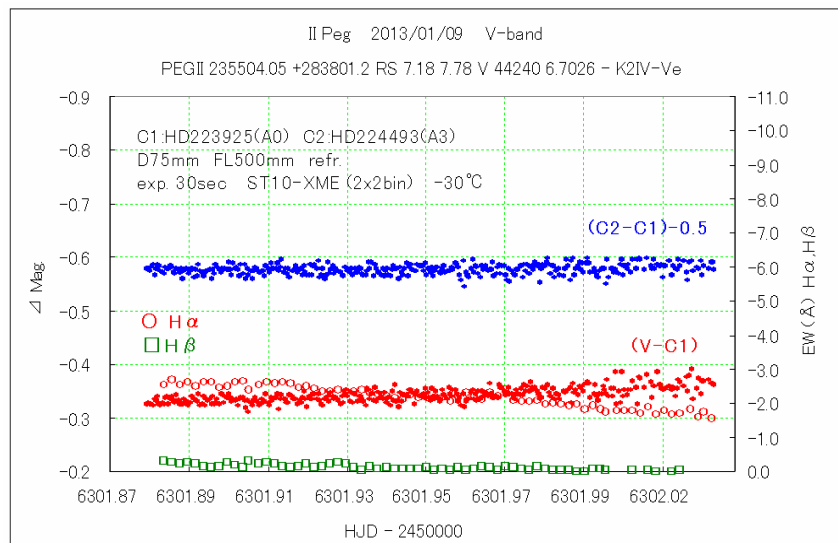
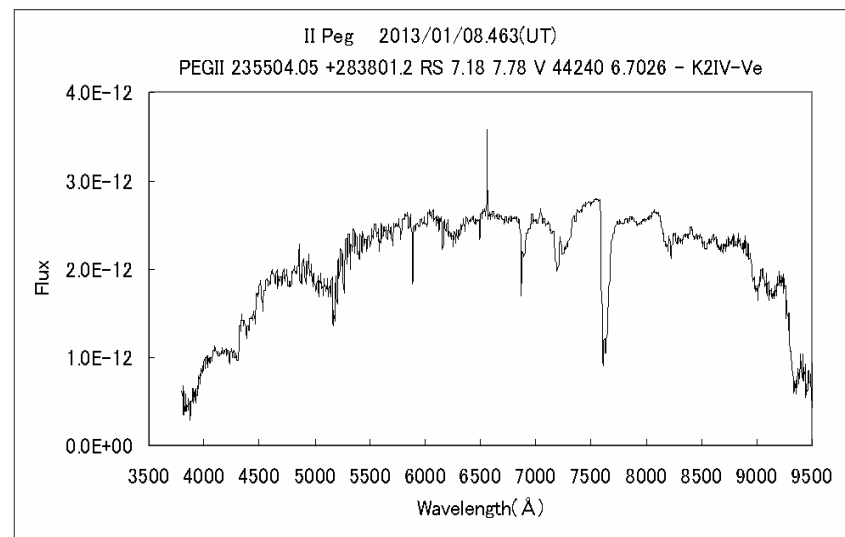
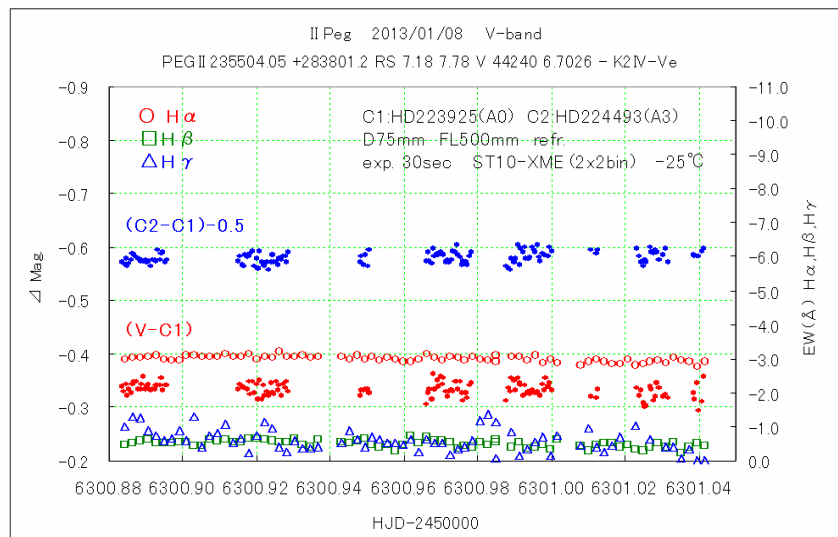




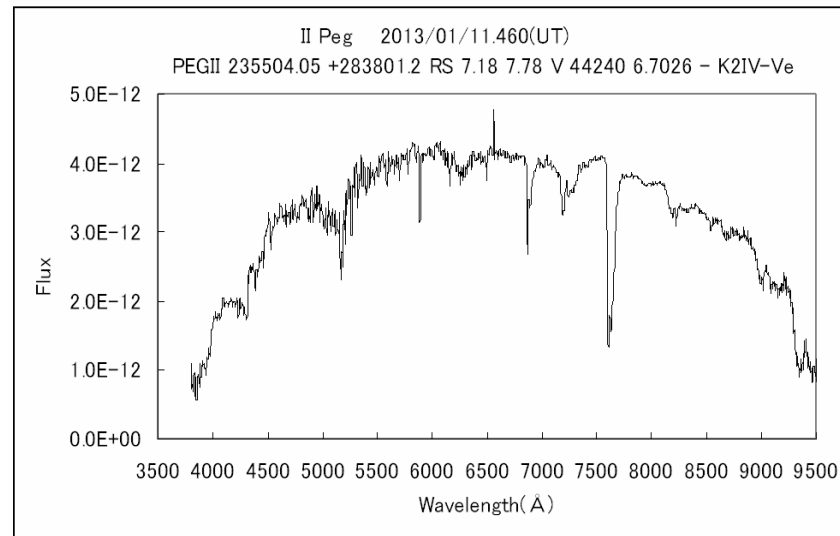
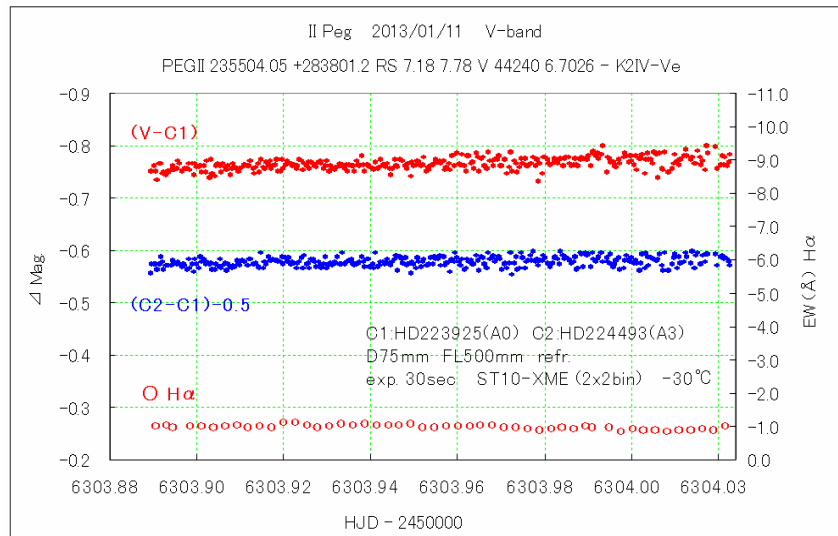
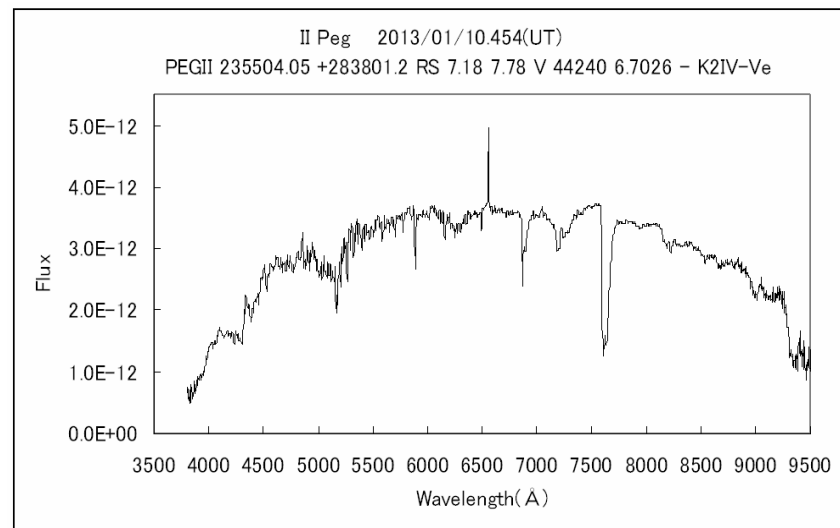
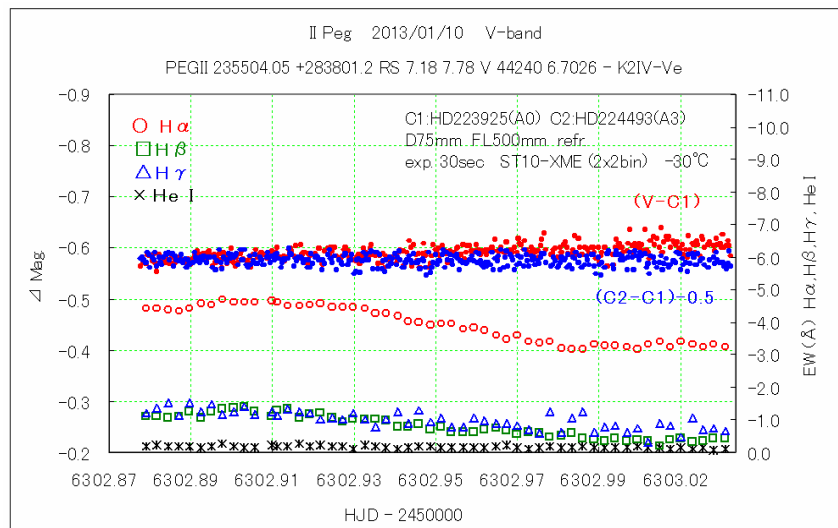


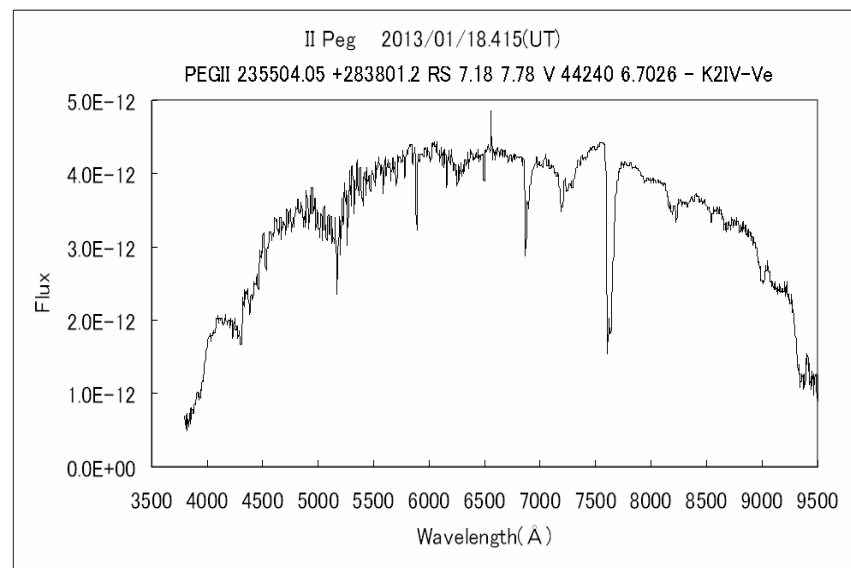
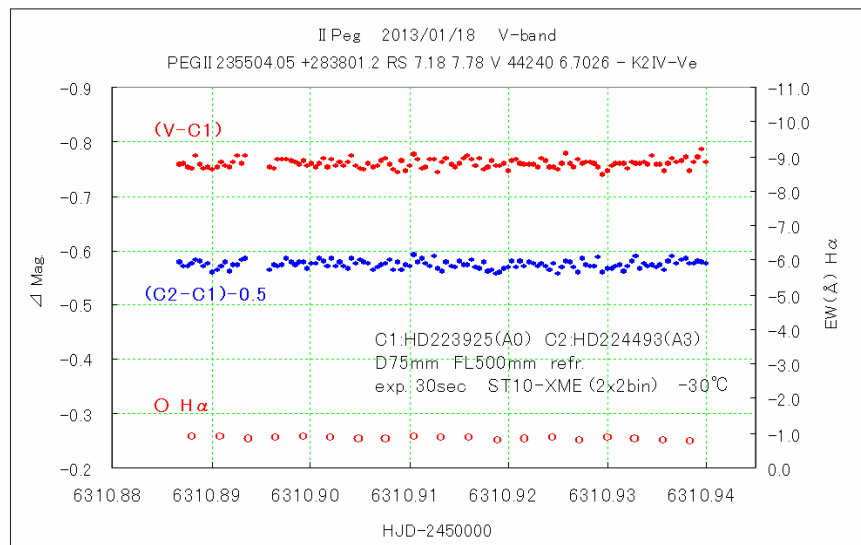
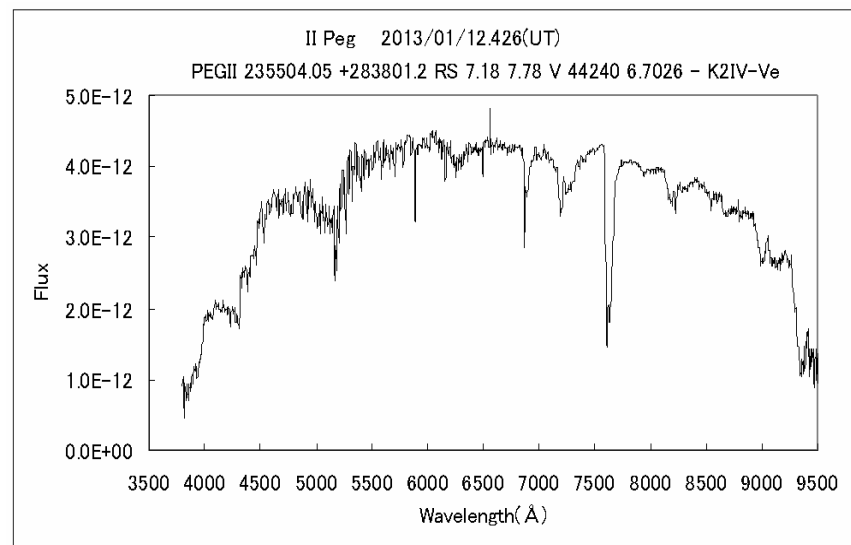
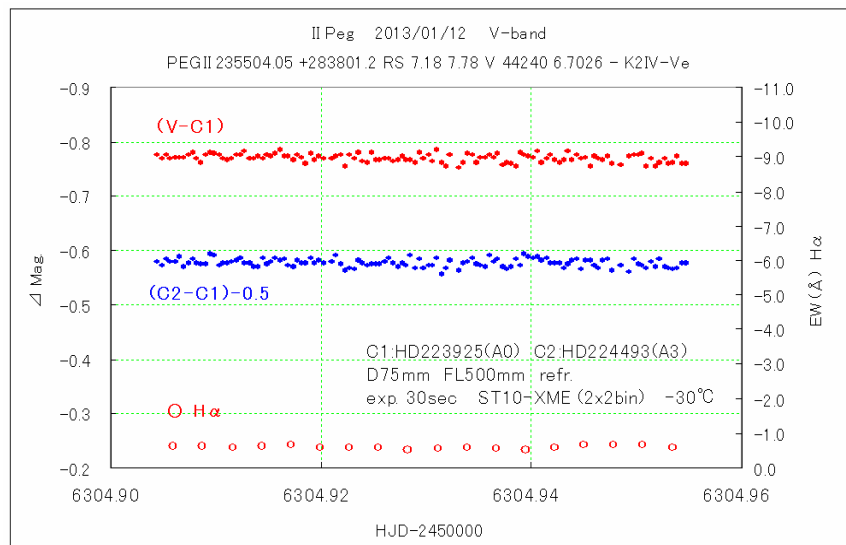


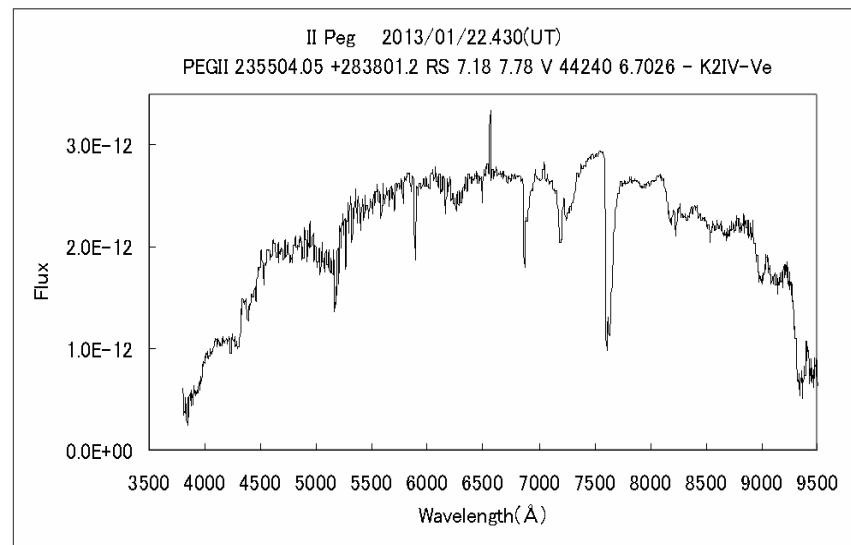
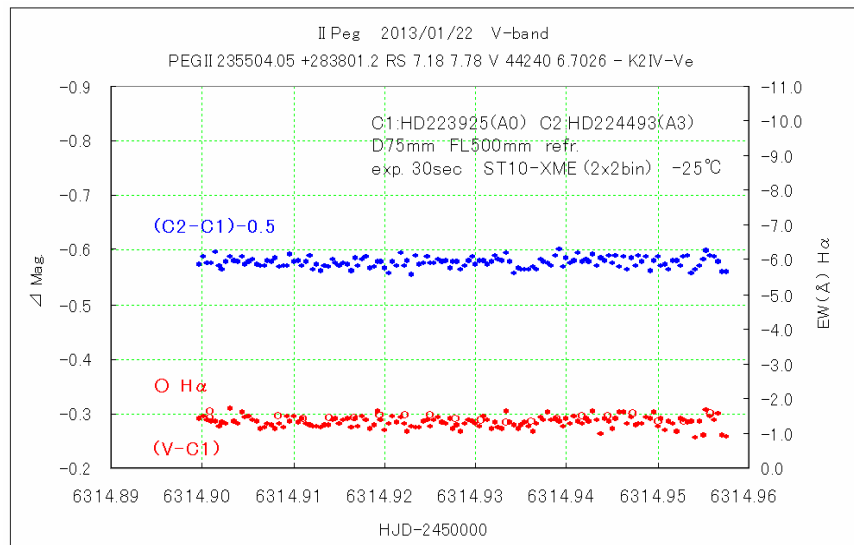
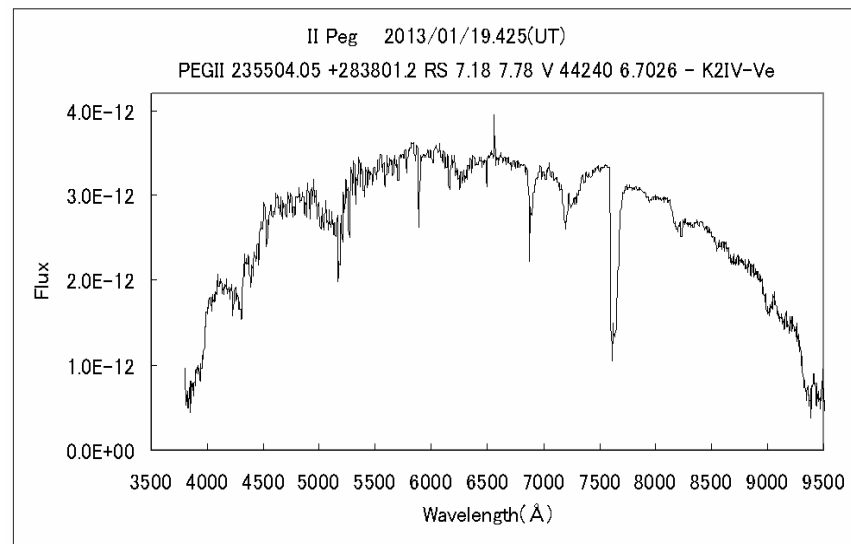
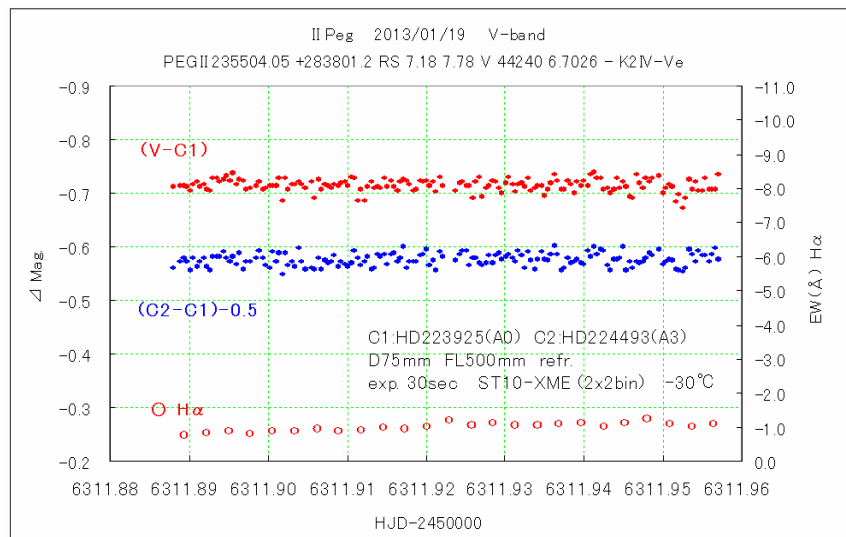


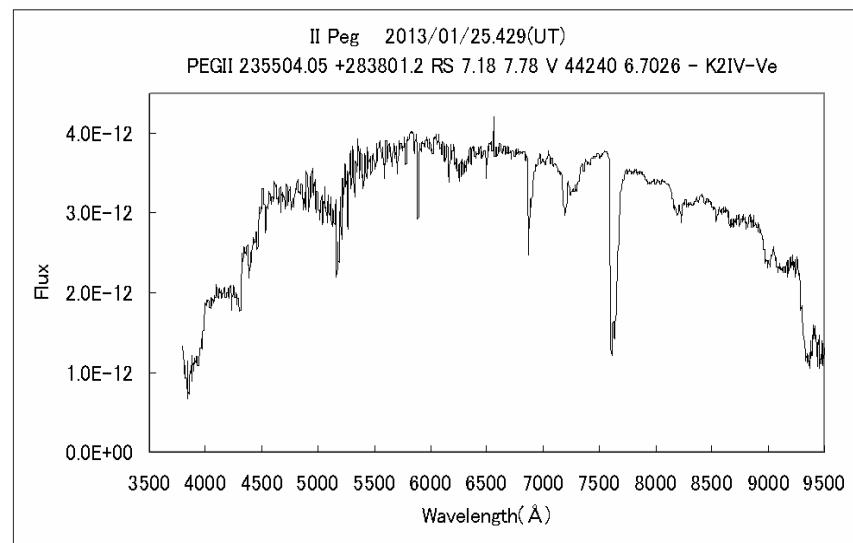
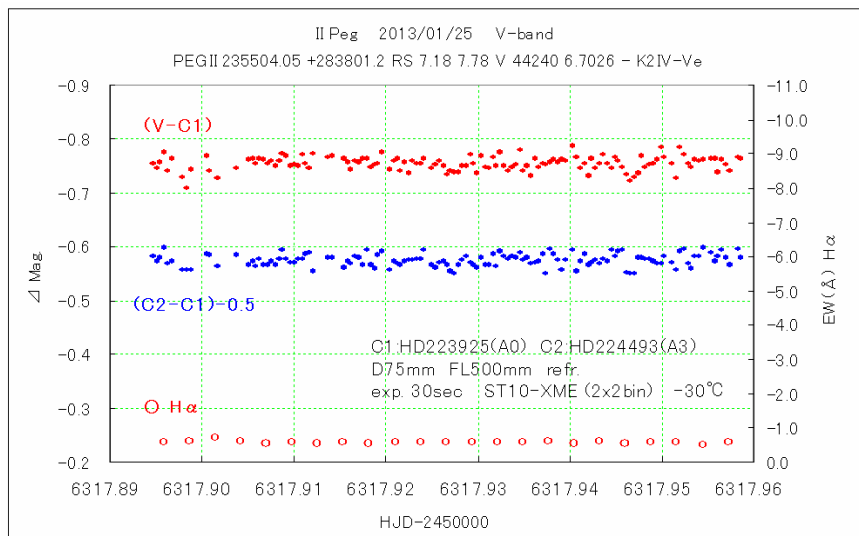
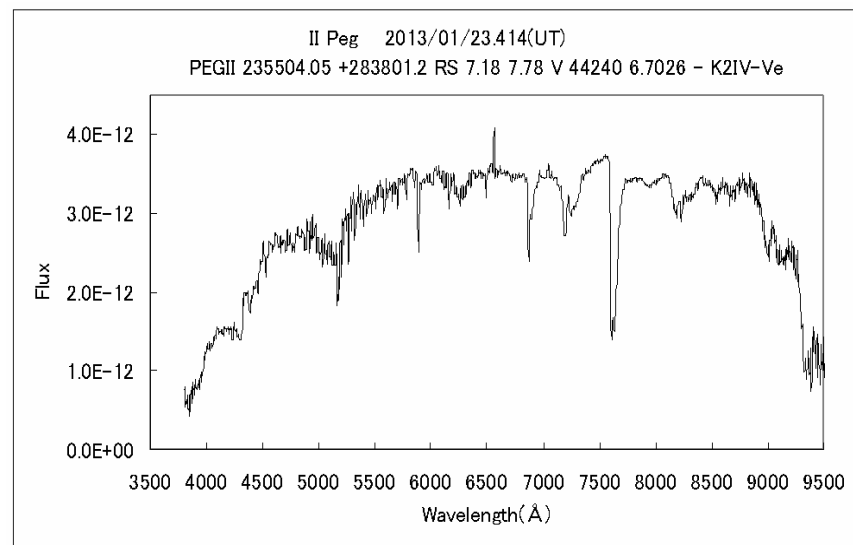
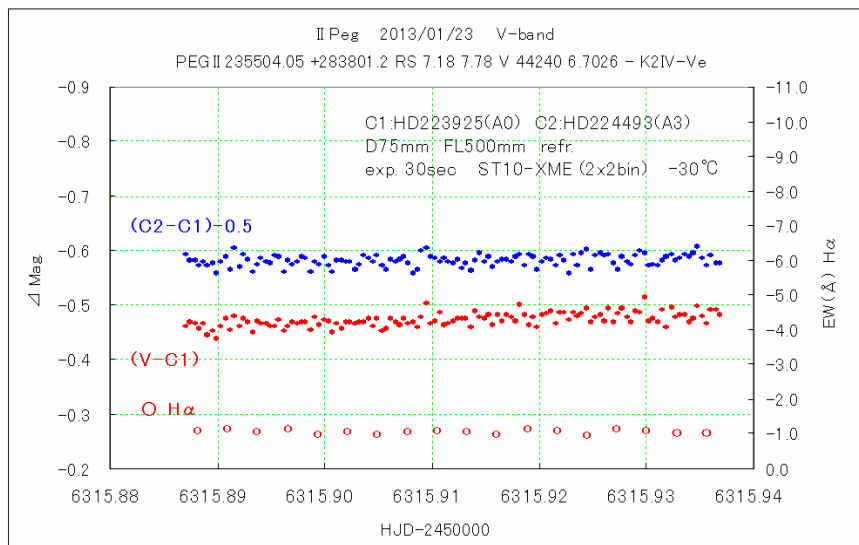












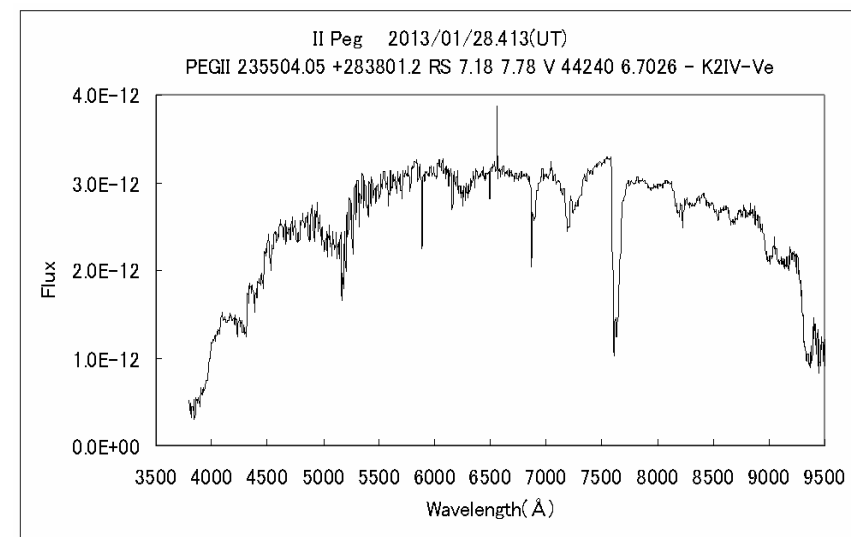
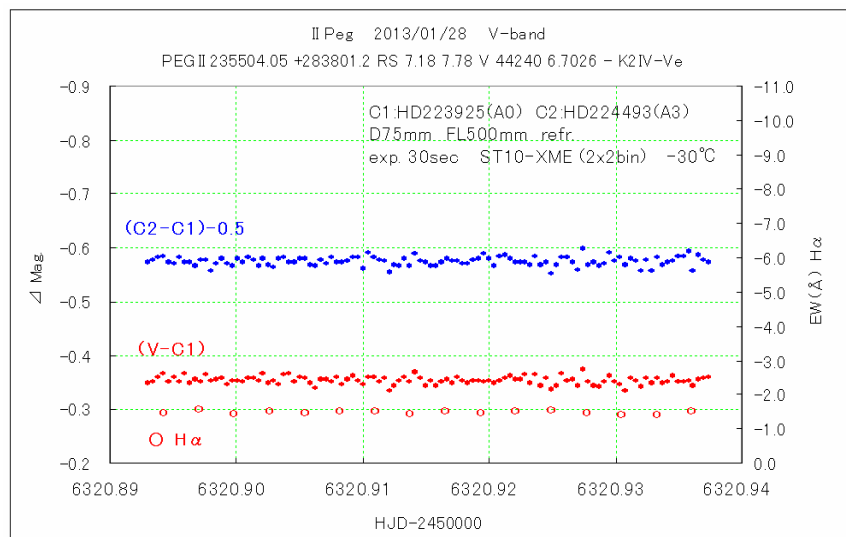
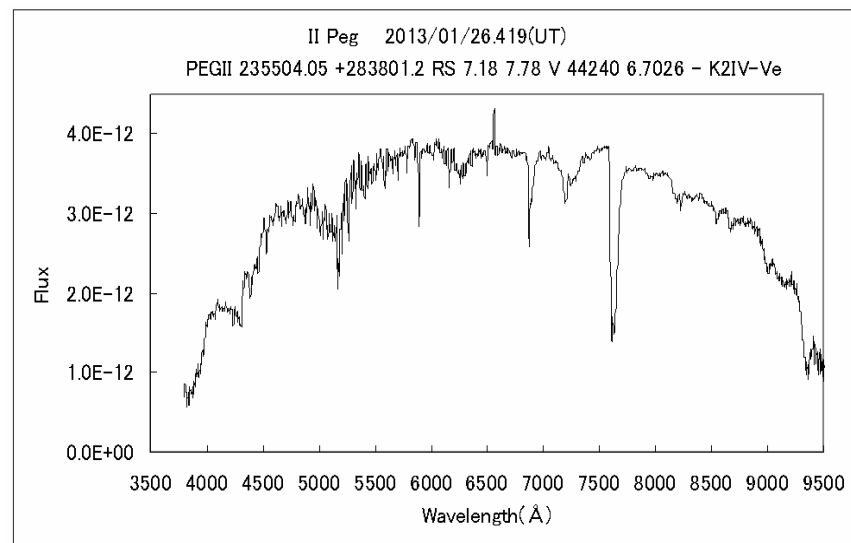
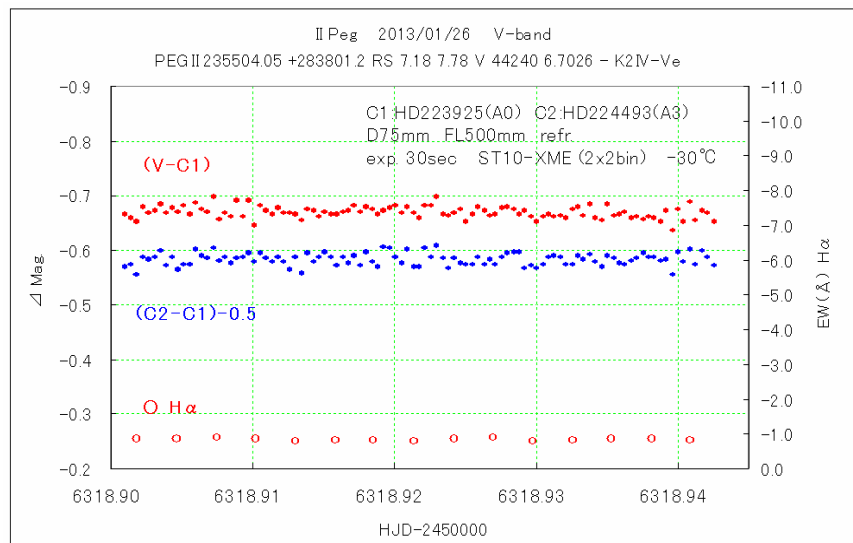


図3 全48夜の観測結果

48夜の観測中2012/11/12に可視域フレアを捉える。しかし観測中にフレアアップに気付かなかったので、終息までを捉えることができなかった。  
(一方 中央大学の坪井研の方々は、この日V-bandでフレアの一部始終を捉えている)

以下に可視域フレアが発生した2012/11/12の詳細を示す。

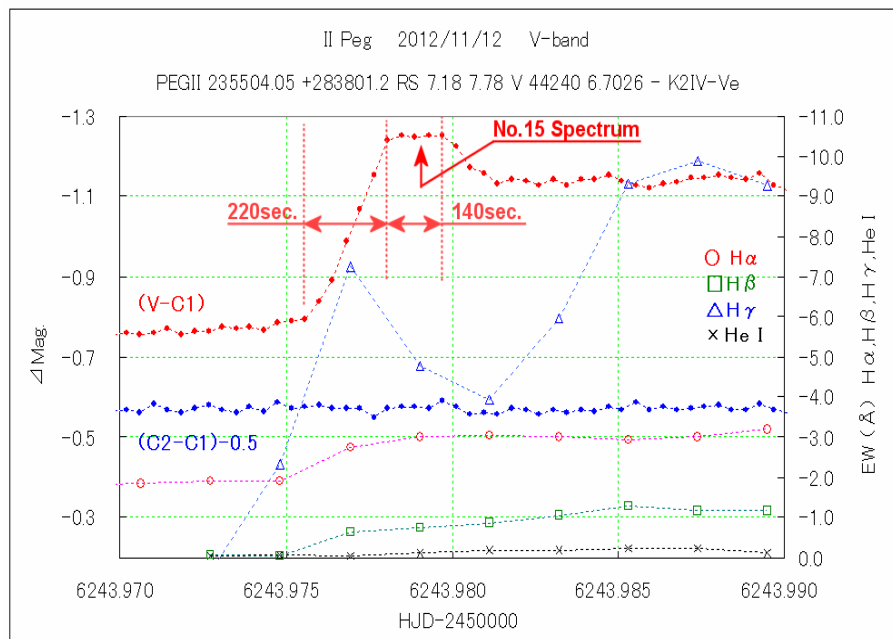


図4 フレア時のライトカーブと輝線等価幅

図4よりフレアアップ時間は220秒で0.45等級.(V-band)増光し、140秒間の最大光度後、0.1等級減光のプラトー状態を示す。

図5はこの日得られた3分ごとの全スペクトルである。フレアアップと同時に連続光の短波長側強度が増し、バルマー輝線やHe I (5876 Å) 輝線の増大も見られる。

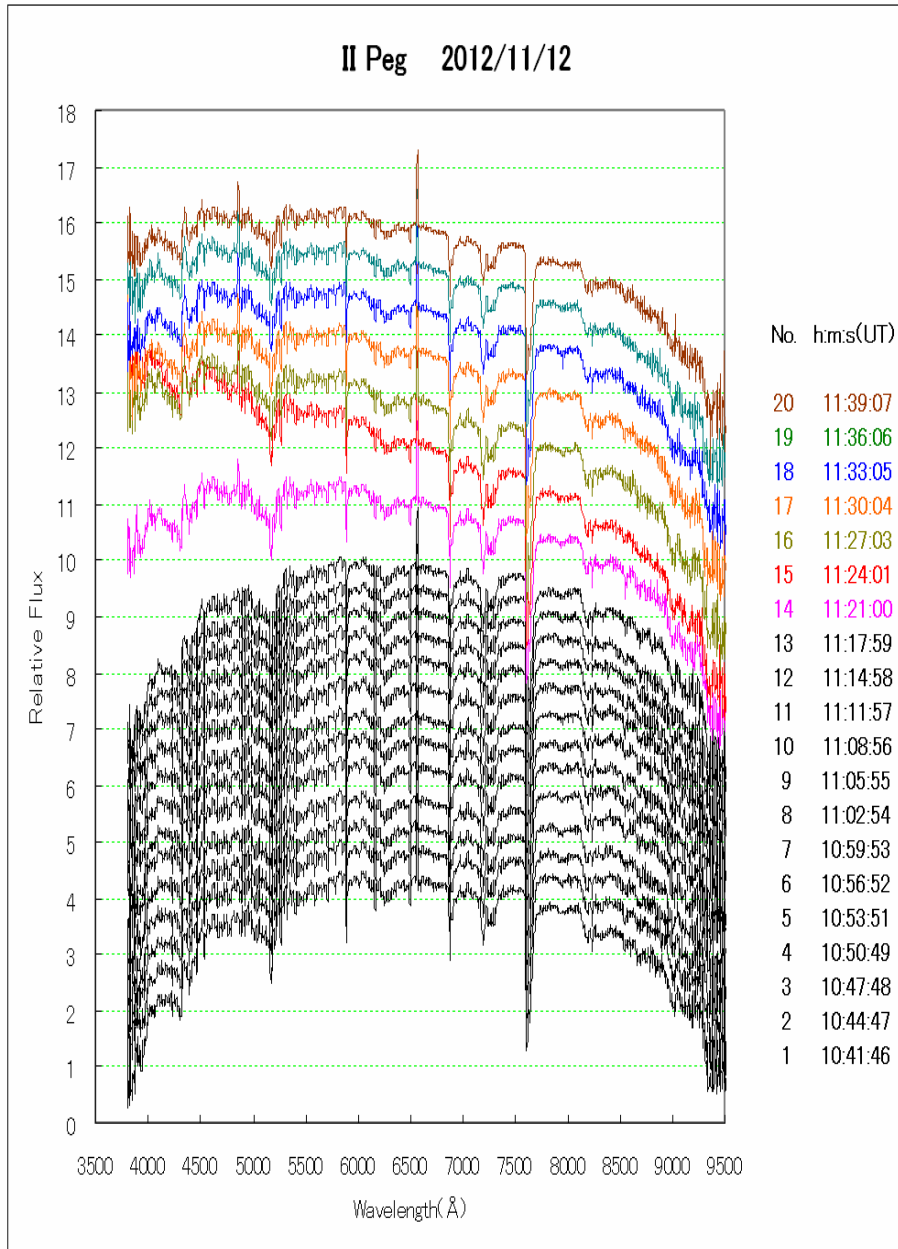


図5 2012/11/12の全スペクトル(3分露光/フレーム)

# フレア時スペクトルを黒体放射でフィッティングする

星間赤化の検討。

星間赤化 $E(B-V)$ 値は $(B-V)-(B-V)_0$ なので、観測の色指数 $(B-V)$ と分光型で決まる色指数 $(B-V)_0$ を調査する。SIMBAD検索すると $B=8.38$   $V=7.37$ なので、 $(B-V)=1.01$ を得る。一方II Pegの分光型はGCVSではK2IV-Ve、またSIMBAD検索ではK2IVである。ここではK2IVを用いることにする。そのスペクトル型に相当する $B-V$ 値をF.GRAY著のGlobal stellar parameters表より調べる。K2Vの場合0.912、またK2IIIの場合1.159であり、残念ながらK2IV型は載っていない。よって直線補間で $(B-V)=1.036$ を採用する。すると $E(B-V)=1.01-1.036=-0.03$ を得る。しかし星間赤化がマイナスでもあるし、II Pegはほとんど赤化は受けていないことになり・・・、今回補正は行わないことにする。

フレア時スペクトルから静穏時スペクトルの減算。

減算の前に測光値(V-bandの5500 Å)を用いてスペクトルのflux値を補正する。

図5でNo1～7を静穏時とみなし、その平均を静穏時スペクトルとする。

フレア時(No14～20)から静穏時を減算したスペクトルを図6に示す。

図7にNo14～20の個々のスペクトルに対して黒体放射でフィッティングした様子を示す。

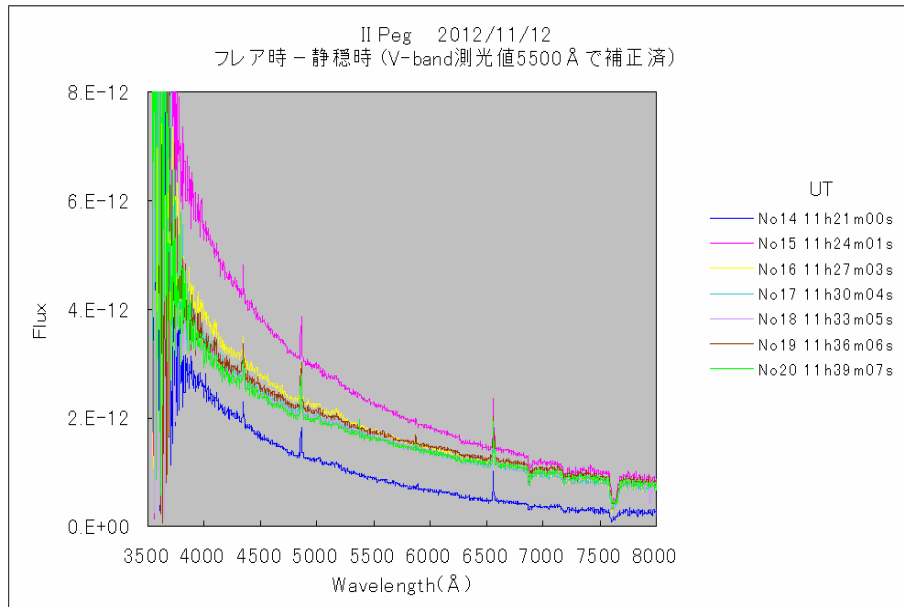
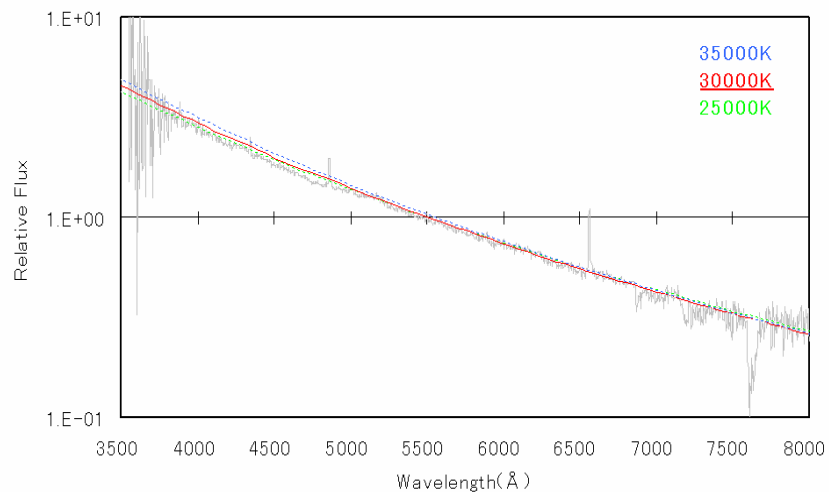


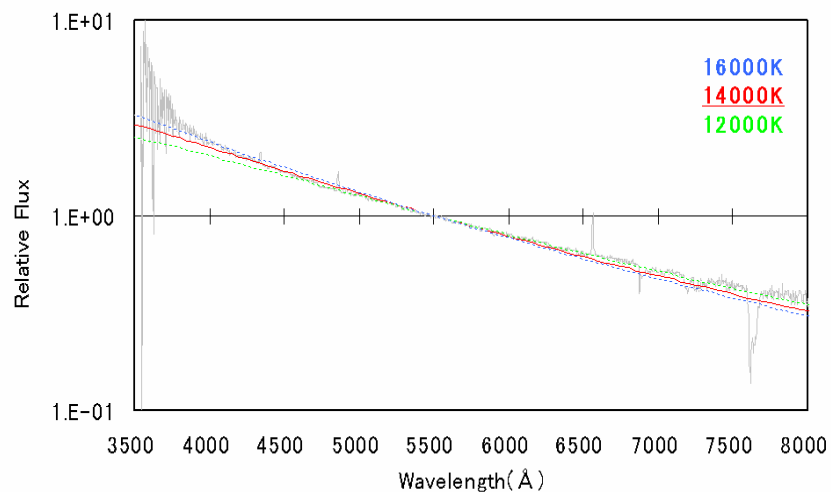
図6 フレア時－静穏時のスペクトル



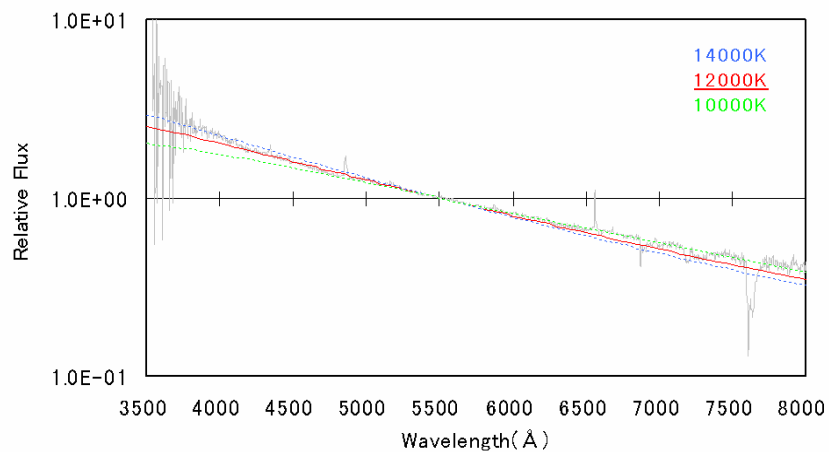
No.14 - Normal 11h21m00s (UT)



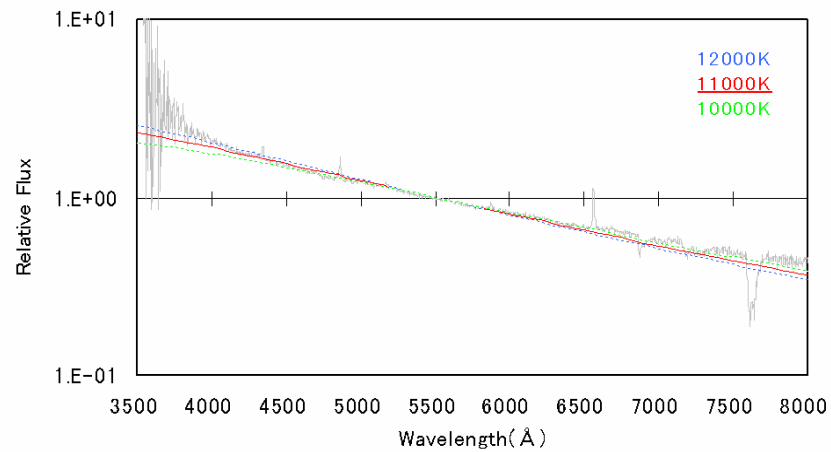
No.15 - Normal 11h24m01s (UT)

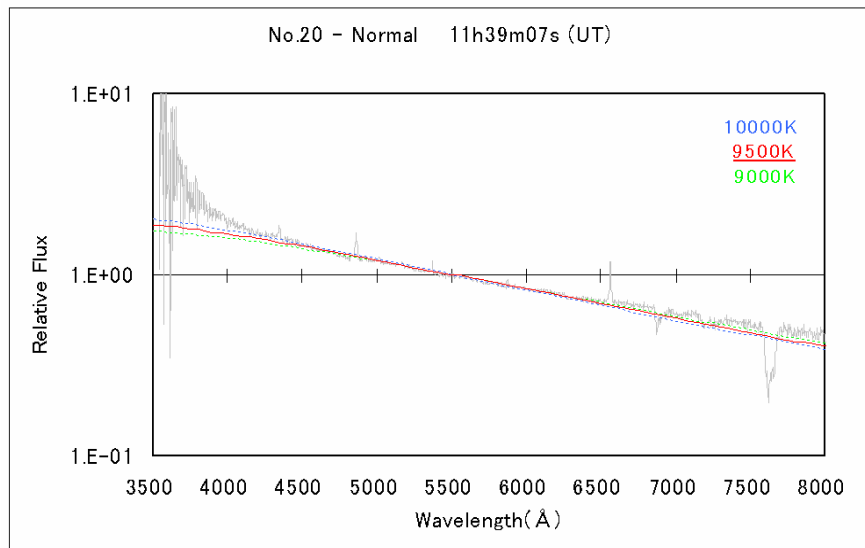
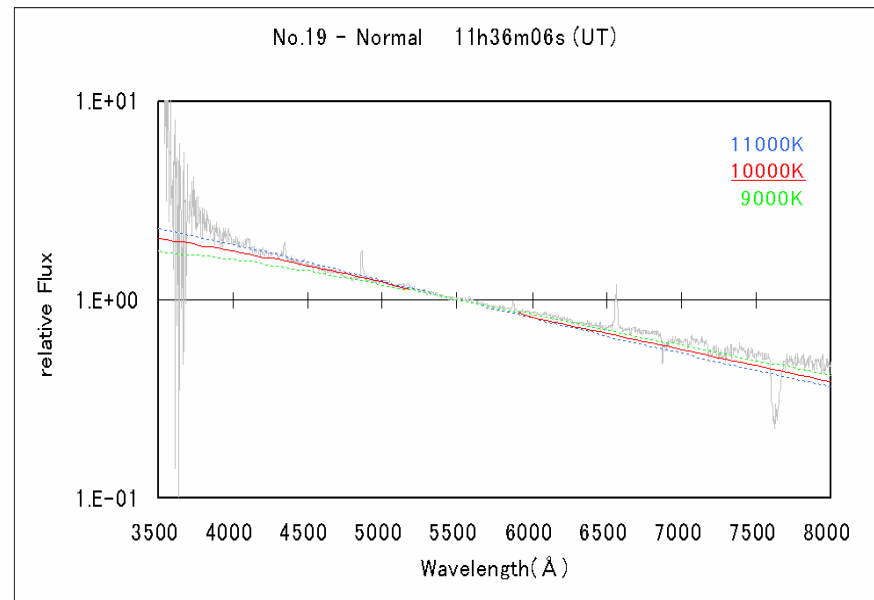
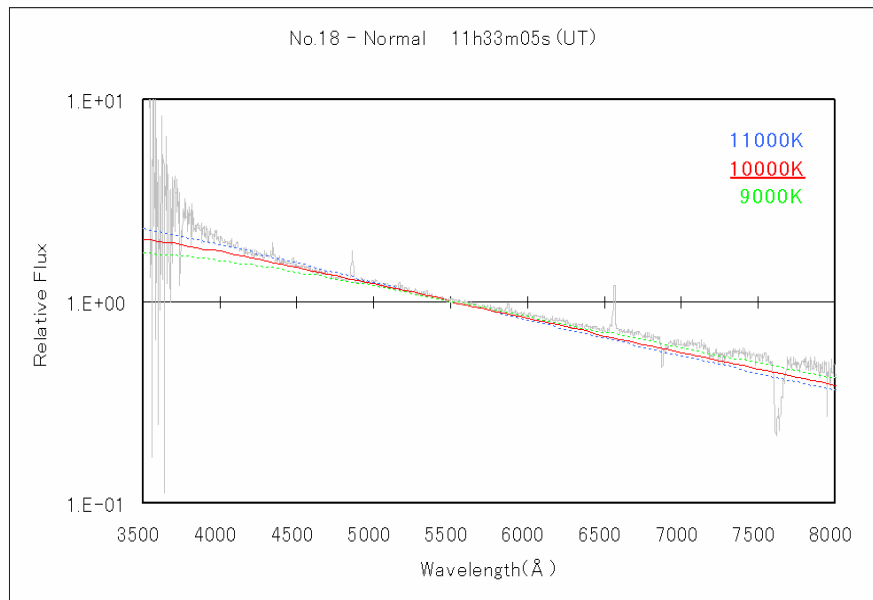


No.16 - Normal 11h27m03s (UT)



No.17 - Normal 11h30m04s (UT)





満足にフィットできないが、大雑把な値として以下の温度を得る。

No14 →	30000K	11h21m00s
No15 →	14000K	11h24m01s
No16 →	12000K	11h27m03s
No17 →	11000K	11h30m04s
No18 →	10000K	11h33m05s
No19 →	10000K	11h36m06s
No20 →	9500K	11h39m07s

図7 フレア時の黒体放射フィッティング

次にフレア時から静穏時を減算したスペクトル(図6)を用いて測定した各輝線のflux値とバルマーデクリメント値を図8に示す。

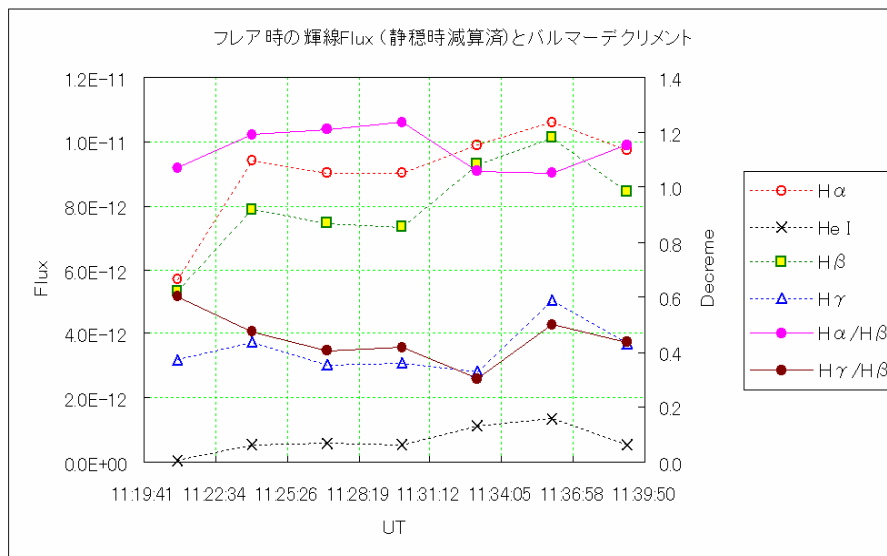


図8 輝線fluxとバルマーデクリメント

図9は同じ輝線Fluxにライトカーブをオーバープロットしたものを表す。V-bandのピーク後、12分でバルマー輝線及びHe I (5876 Å)輝線のピークが見受けられる。

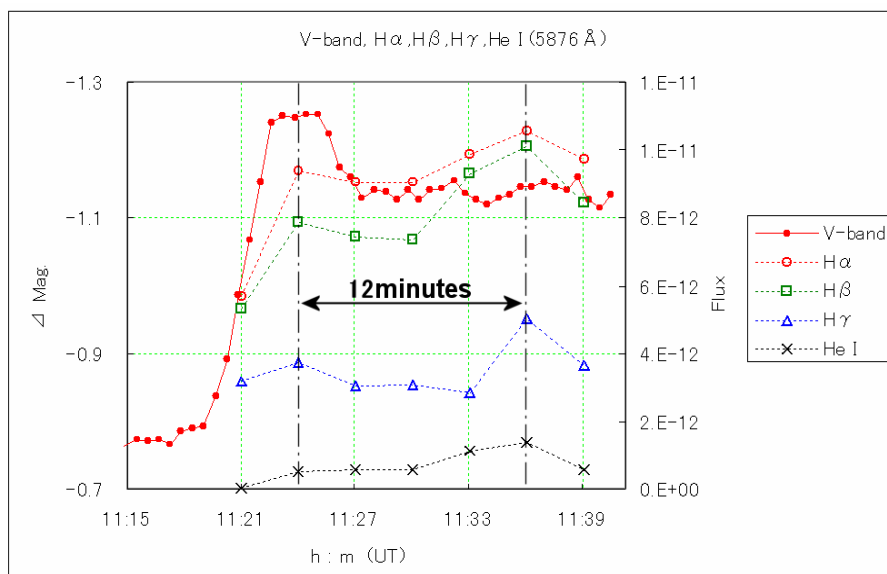


図9 V-bandと輝線flux

# 期間中のライトカーブ(V-band)

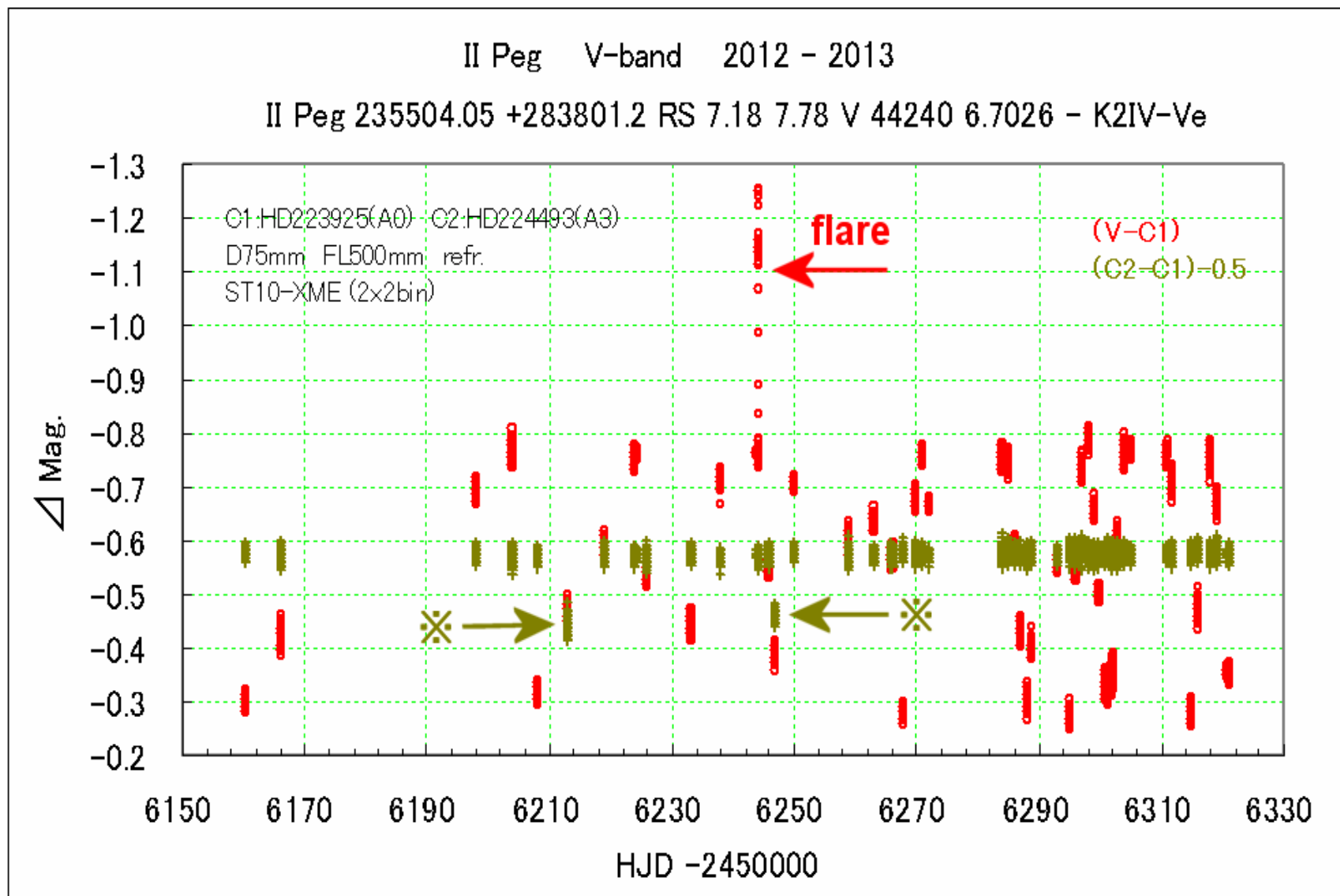


図10

比較星C1(HD223925) or チェック星C2(HD224493)の変光が判明(※印)。

図10にみられるよう比較星C1 (HD223925) or チェック星C2(HD224493)が2夜において0.1等級以上の変光を示していたので、どちらの星が変光しているか調査する。C1、C2おののおをHD224249、TYC2258:1352、TYC2258:1543 と比較するも、より変光幅が大きくなり、3星共々変光しており現時点で未確認状態・・・。

取敢えずC1は変光していないと仮定し、今回この2夜の観測は除外しないことにする。

## V-bandの周期解析

V-band測光値を夜毎に平均した値を図11に示す。但し2012/11/12のフレア日は除外し46夜分の値を用いて周期解析を試みる。解析はAVEを利用した。

<http://www.astrogea.org/soft/ave/aveint.htm>

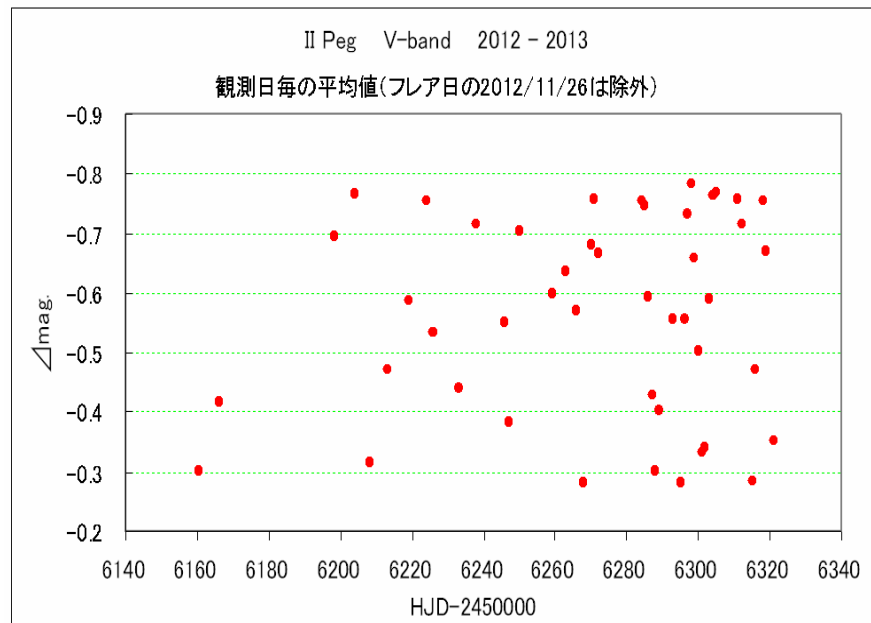


図11 全期間のV-band 測光値(夜毎に平均)

図12にPDM解析の様子を示す。  
周期として $6.721351 \pm 0.000689$ 日を得る。

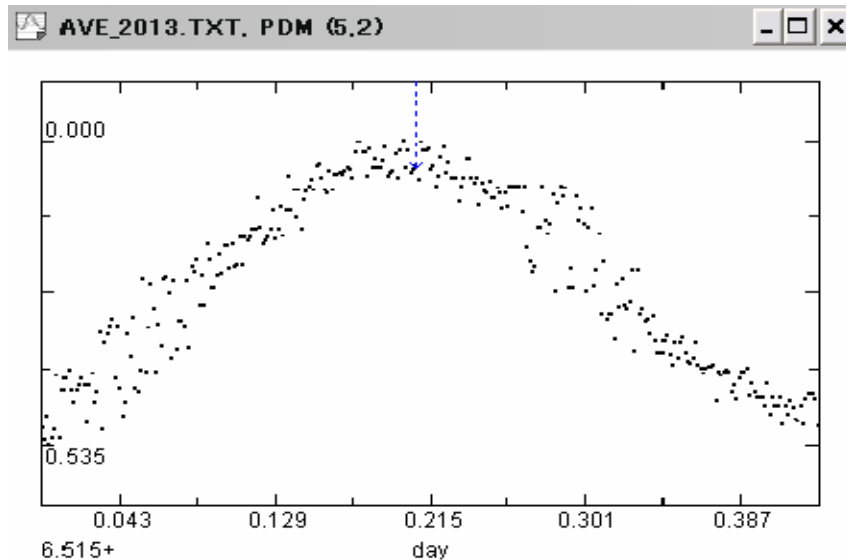


図12 PDMによる周期サーチ

図13に6.721351周期で位相をプロットした様子を示す。  
 $2456160.1409 + 6.7214E$ を得る。  
最大変光幅は0.50等級(V-band)である。

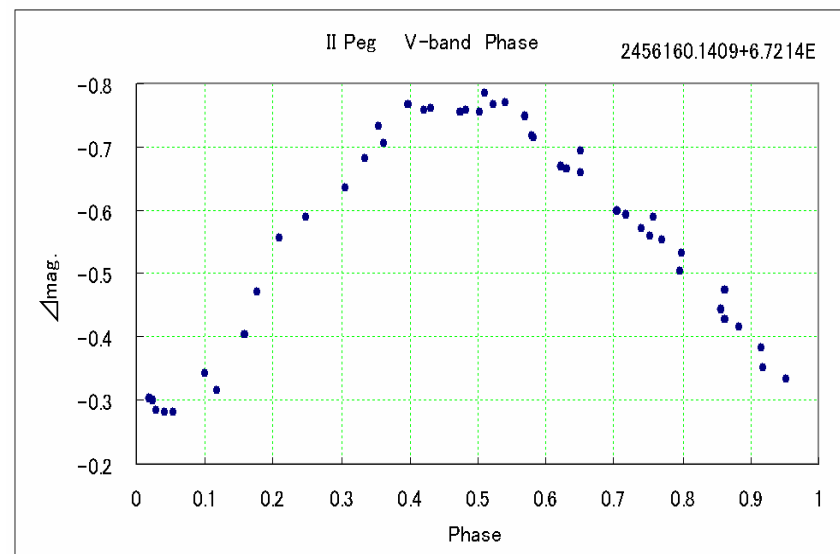


図13 V等級 vs 位相グラフ

V等級とH $\alpha$ 輝線等価幅の関係を図14に示す。H $\alpha$ 等価幅が-3 Åより強い時を青色で日付を記入した。また可視域フレアが起きた日を赤色で示した。この日の等価幅は静穏時のそれをプロットしている。

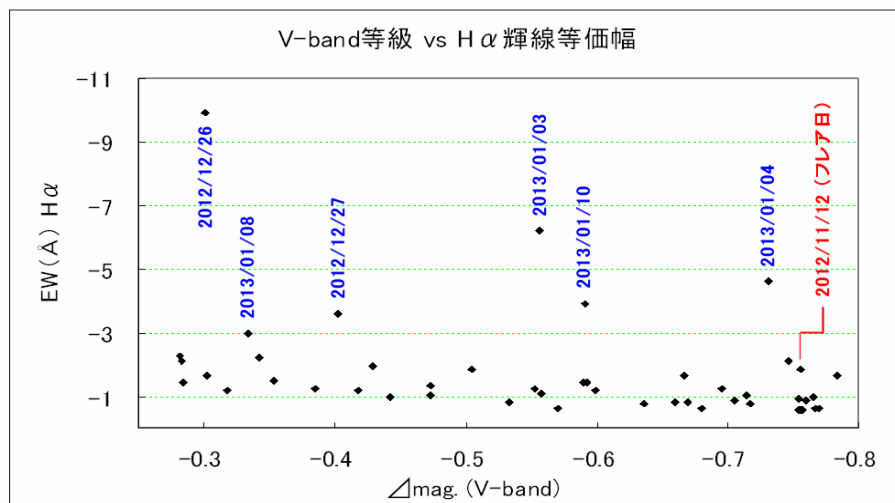


図14 V等級とH $\alpha$ 輝線等価幅グラフ

等価幅が強めの青色記入日を除くと、V光度の増大と共にH $\alpha$ 等価幅は減衰している傾向が見受けられるので、青色記入日のデータを除外して再度プロットし、1次近似したグラフを図15に示す。弱いながらも逆相関しているようである。

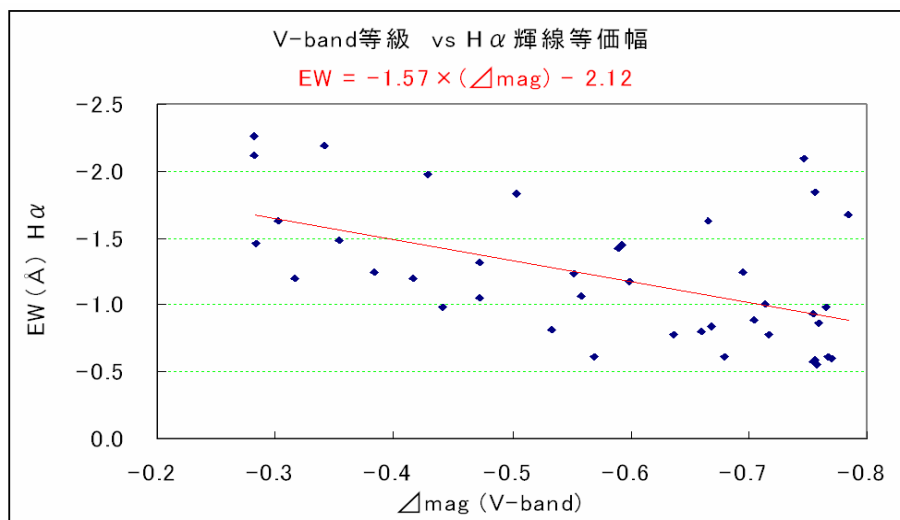


図14 V等級とH $\alpha$ 輝線等価幅の逆相関

以下図14でH $\alpha$ 輝線等価幅の強い6夜を等価幅の強い順に図3から抜粋する。

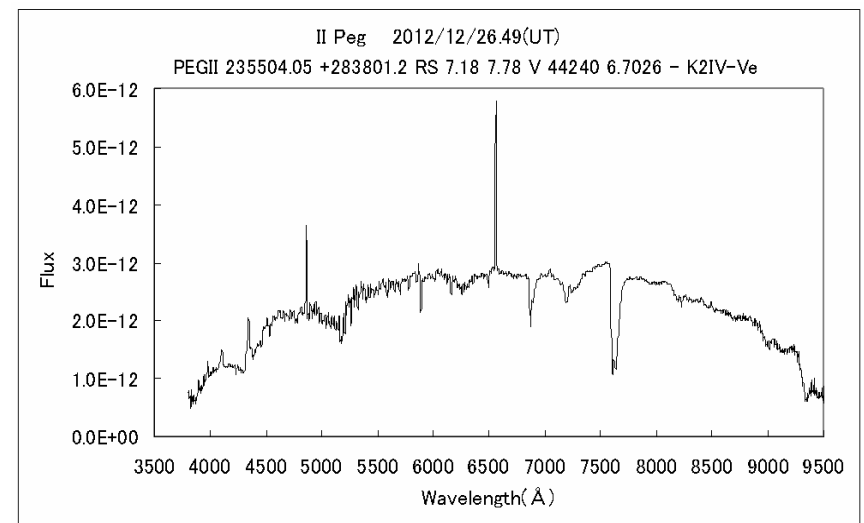
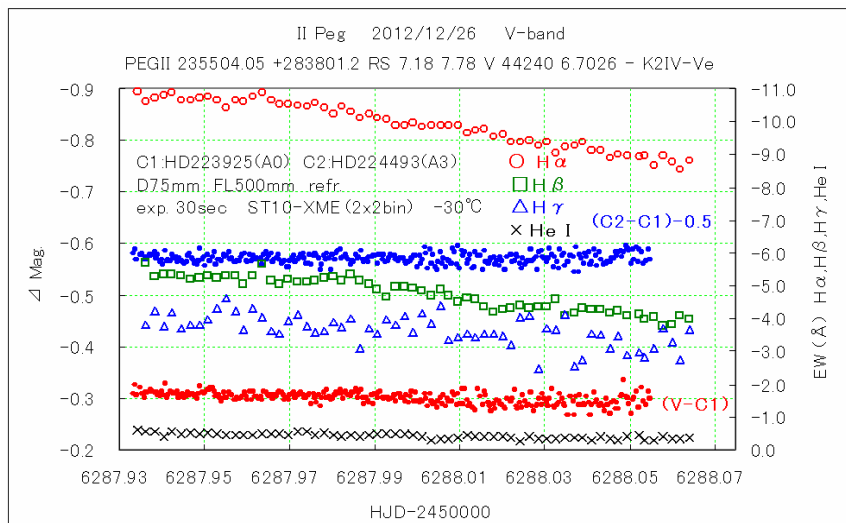


図15 2012/12/26 観測期間中最大の輝線強度を示し(2012/11/12のフレア時よりH $\alpha$ 等価幅は約5倍強い)。そして輝線強度は減衰傾向を示す一方、V光度は一定かやや減衰傾向。フレアの名残かもしれない？ He I輝線 (5876 Å) も見える。



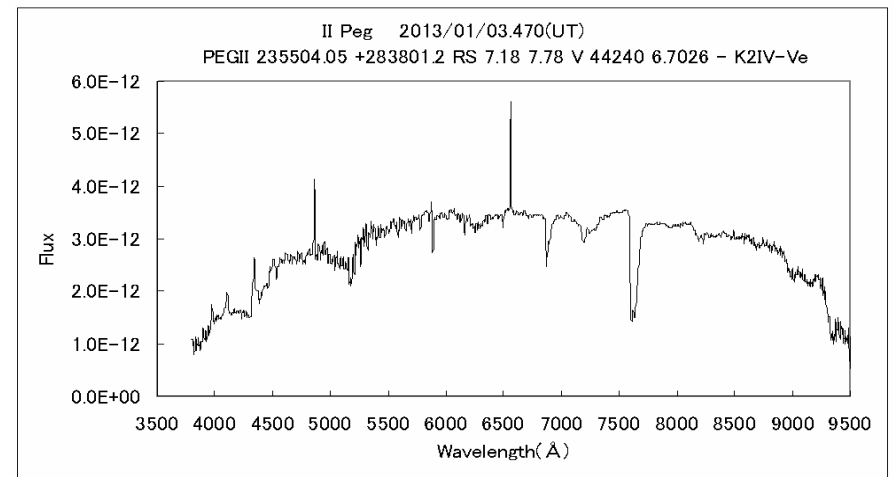
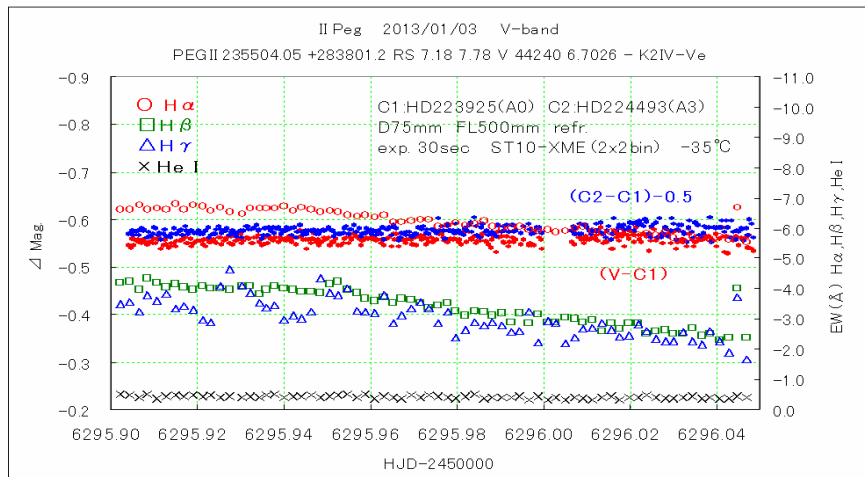


図16 2013/1/3 観測期間中二番目の輝線強度を示し(2012/11/12のフレア時より $H\alpha$ 等価幅は3倍以上強い)。V光度は一定推移だが、輝線等価幅は減衰傾向を示しており、やはりフレアの名残りかもしれない？

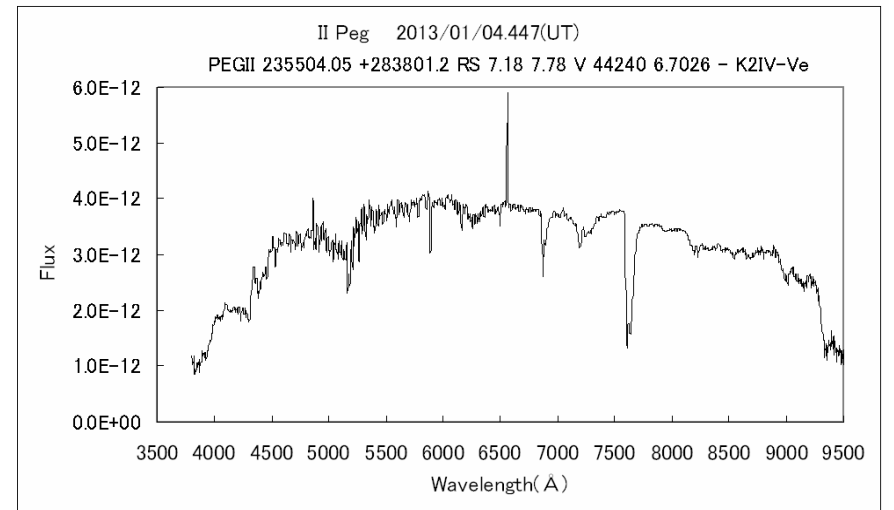
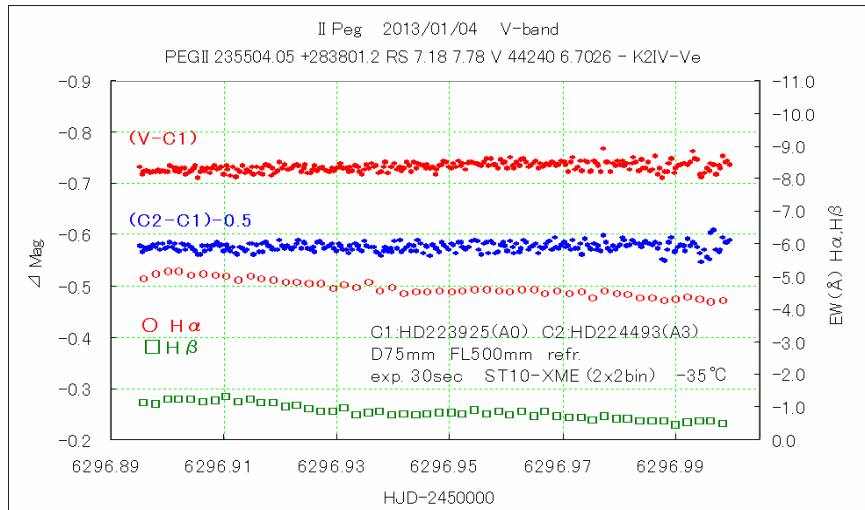


図17 2013/1/4 観測期間中三番目の輝線強度を示し(2012/11/12のフレア時より $H\alpha$ 等価幅は約2倍強い)。V光度は一定推移だが、やはり輝線等価幅は減衰傾向を示している。前日(図16)の減衰傾向の継続か？あるいは新たなフレアの名残りか？

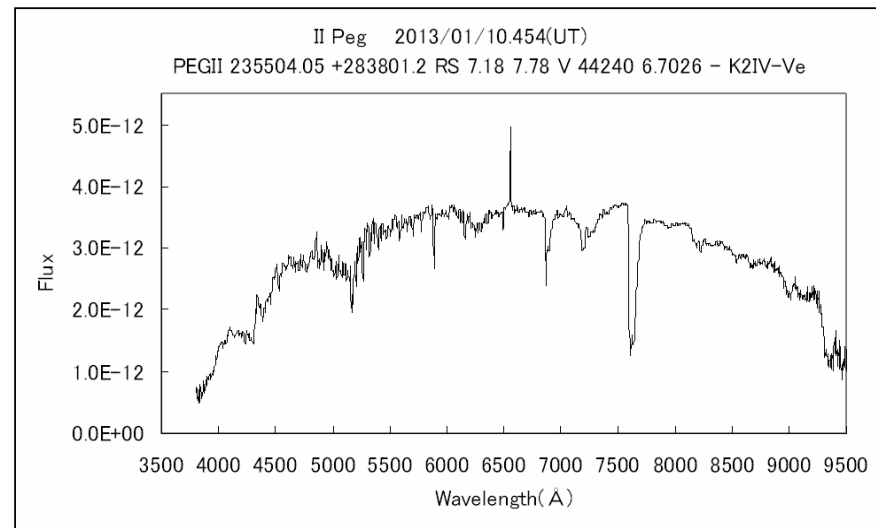
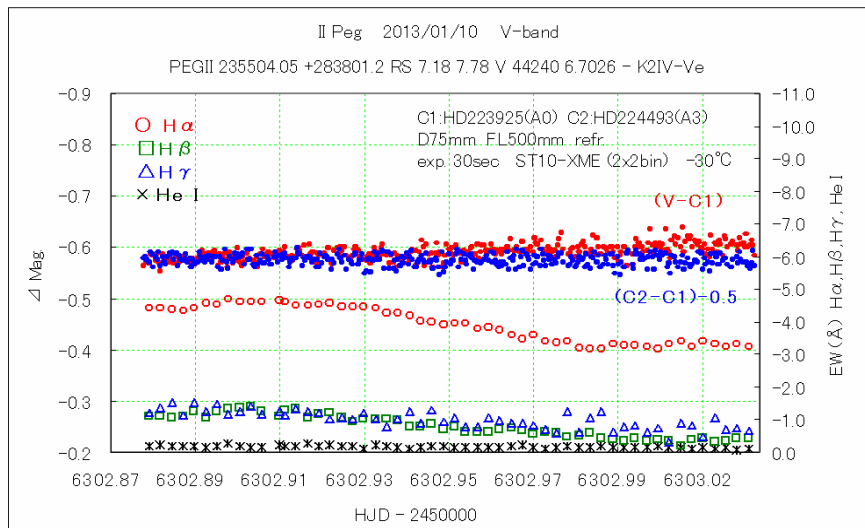


図18 2013/01/10 この日の等価幅も減衰傾向を示すが、途中からプラトー状態となり、フレア活動の終息を見ている可能性有り？ 一方 V光度はやや増光傾向を示す。

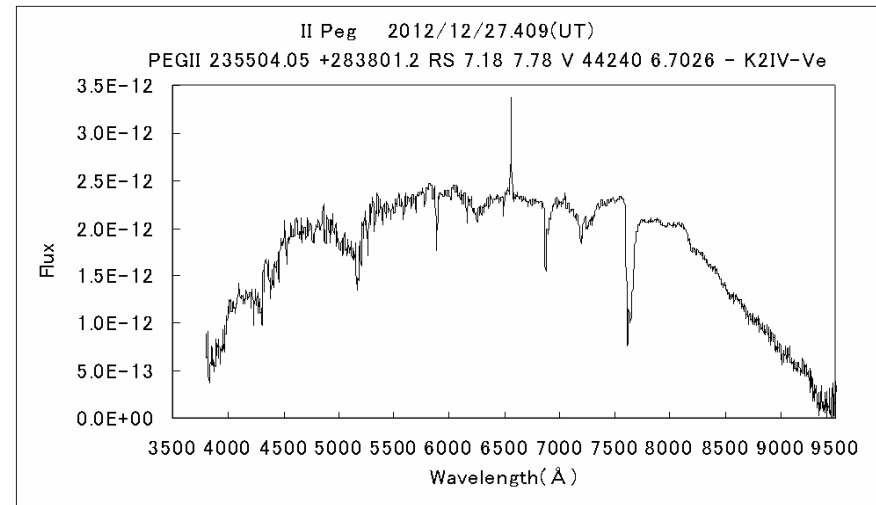
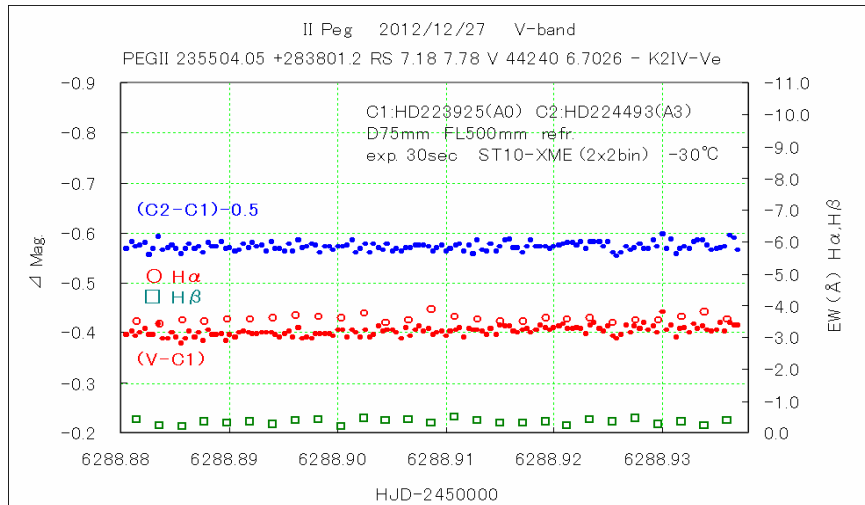


図19 2012/12/27 輝線等価幅及びV光度はほぼ一定傾向。バルマー輝線もHα 以外はさほど目立たない。しかしHα 等価幅は2012/11/12のフレア時より2倍弱ながら強い。また11/12のフレア時はHα 以外のバルマー輝線も目立っていたが、この日はHα 以外はあまり目立たない。前日12/26(図15)の名残りを見ているのであろうか？ あるいは別の小規模フレアの名残り？

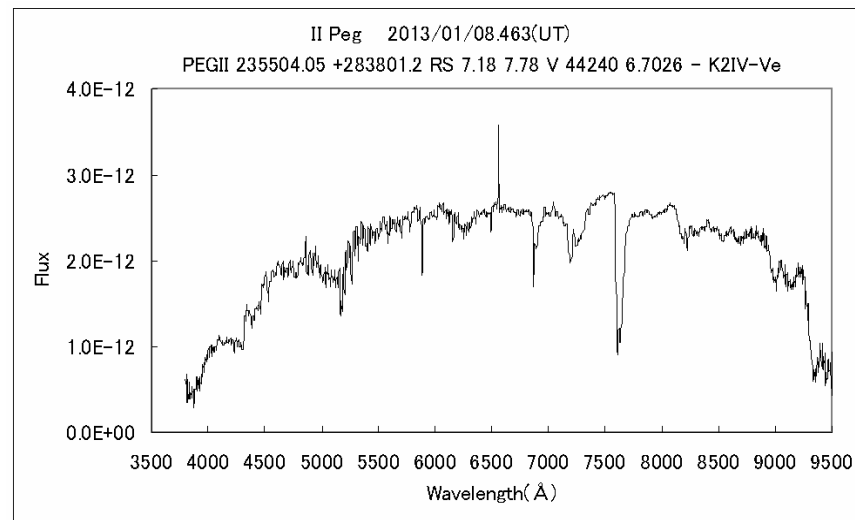
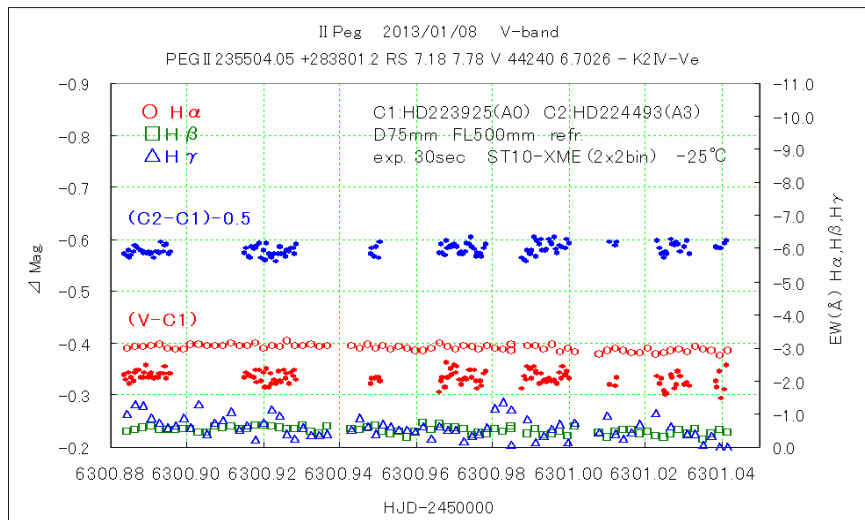


図20 2013/1/8 輝線等価幅及びV光度はほぼ一定傾向。バルマー輝線もH $\alpha$ 以外は目立たない。しかしH $\alpha$ 等価幅は2012/11/12のフレア時より約1.5倍強い。また2012/11/12のフレア時はH $\alpha$ 以外のバルマー輝線も目立っていたが、この日はH $\alpha$ 以外はさほど目立たない。

表2に図15～20で示した6夜のスペクトルから求めたバルマーデクリメント値(H $\alpha$ /H $\beta$ )を示す。

	H $\alpha$ (flux)	H $\beta$ (flux)	H $\alpha$ / H $\beta$
2012/12/26	2.92E-11	1.08E-11	2.7
2012/12/27	8.79E-12	7.49E-13	11.7
2013/01/03	2.32E-11	1.13E-11	2.1
2013/01/04	1.84E-11	2.97E-12	6.2
2013/01/08	8.14E-12	9.11E-13	8.9
2013/01/10	1.45E-11	2.35E-12	6.2

表2 6夜のバルマーデクリメント値

位相に対する輝線活動の様子をみるため、位相vs $H\alpha$ 輝線等価幅グラフを図17に示す。

図21では位相0～0.3前後に $H\alpha$ 輝線等価幅の増大が見受けられるが、一方で可視域フレアが観測された2012/11/12は位相0.471である。

位相との相関は弱いかもしれない？

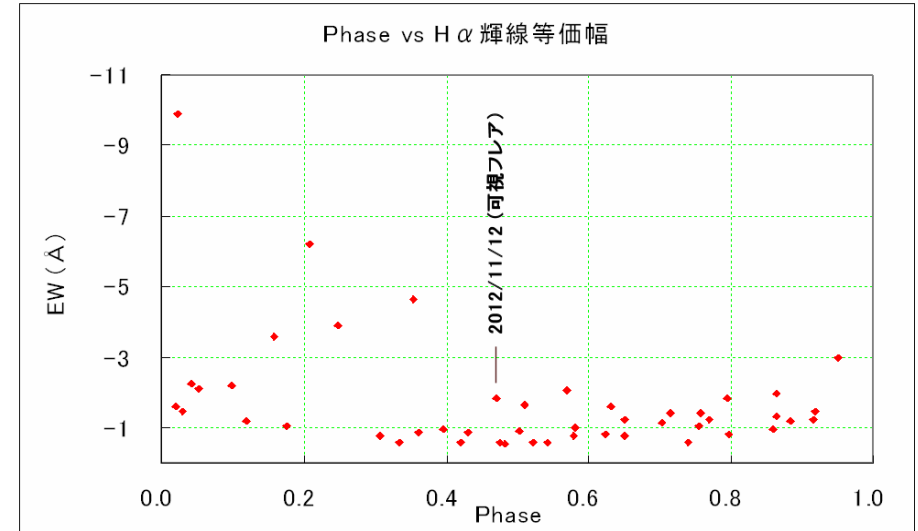


図21 位相 対  $H\alpha$  輝線等価幅