



第1章 乗鞍コロナ観測所 建設前史

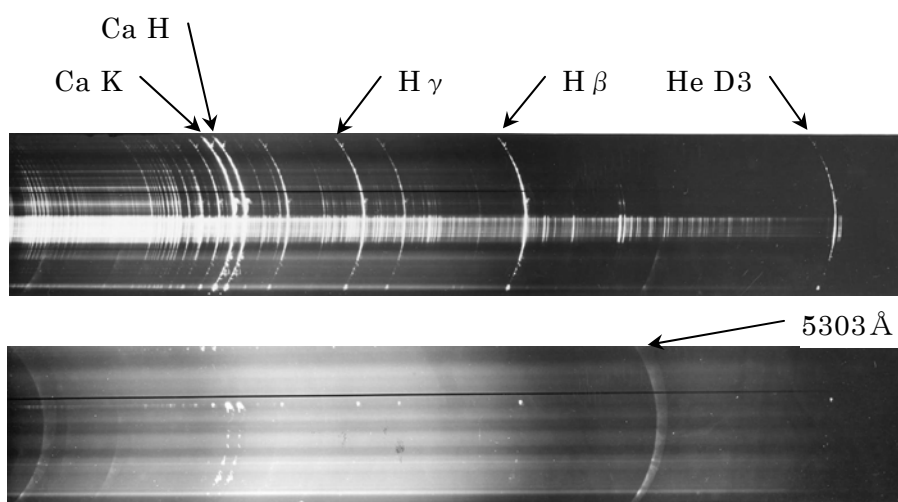
1. コロナ研究の始まりと意義

人類が太陽コロナの存在に気づいたのは、皆既日食の機会においてであるから遠く紀元前のことであると思われる。日食は月が太陽を隠す現象であることや、いわゆるサロス周期も古代バビロニアの時代には知られていた。しかし天体物理学としてのコロナ研究は、アメリカの天文学者ヤング (C.A.Young) とハークネス (W.Harkness) が 1869 年の北米での日食においてコロナのスペクトルを写真撮影した時に始まる。

右図は 1980 年のケニアでの日食で得られたスペクトルで、皆既直前では水素やカルシウムなど彩層のスペクトル線が見え、皆既に入るとコロナの発する波長 5303\AA の輝線が見える。コロナの輝線はこれ以外にも見ついているが、可視光では最も強いスペクトル線がこの緑色輝線で、次が波長 6374\AA の赤色輝線である。



皆既日食のコロナ (2009 年 7 月 22 日、硫黄島近海)



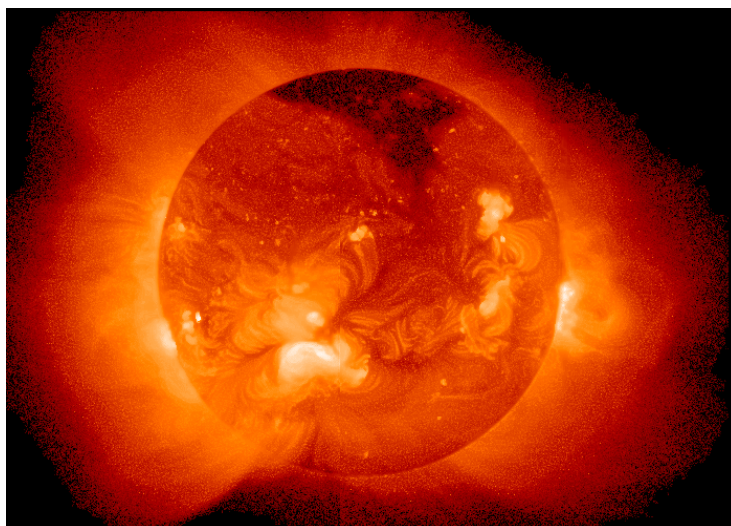
1980 年のケニアでの皆既日食で得られたスペクトル。上は皆既直前、下は皆既中で 5303\AA のコロナ緑色輝線が見える [1]。

これらコロナ輝線が何の元素によって発せられるのかは長い間謎であったが、1941~42 年にスウェーデンの分光学者エドレン (B.Edlén) が真空スパーク放電の実験で高階電離したイオンの

エネルギー準位を決める研究の中で、Fe X（鉄の 26 個の電子のうち 9 個が失われたイオン）のエネルギー準位の中に、コロナの赤色輝線 6374 Å に一致する遷移があることに気づいたことをきっかけに解決を見た。緑色輝線 5303 Å については、実験結果の外挿からエネルギー準位を決めた結果、Fe XIV（13 階電離の鉄イオン）によるものであることがわかった。コロナの中で鉄原子がこのように高階電離するのは、コロナの温度が高いからである。理論計算によれば、電子の熱運動により鉄原子が電離し Fe X が最も多くなる温度は百万度、Fe XIV が最も多くなるのは 2 百万度であることがわかっている。しかしなぜそのような高温が実現されるのか？ これが今でも未解決の「コロナ加熱の謎」で、太陽のみならず恒星物理学の重要研究テーマである。

コロナの明るさは太陽本体の百万分の 1 程度（満月の明るさ程度）しかないため、コロナは皆既日食以外では普通見ることができない。この困難を解決して日食外のコロナ観測を可能にしたのが、リオが 1930 年に発明したコロナグラフである。対物レンズで焦点面に太陽像を作り、太陽本体を遮蔽円盤（オカルティングディスク）で隠すとともに、そこにレンズを置いて、少し離れた位置に対物レンズの像を作る。そこには縁が光っている対物レンズが見えるので、その対物レンズの像より少し小さい穴のあいた板（リオの絞り）でレンズの縁の光をさえぎると、そこから後ろではレンズの縁での散乱光が取り除かれ、再結像レンズで焦点面の太陽像を作るとコロナが見える、という原理である。

皆既日食の時に肉眼で見えるコロナは、太陽本体（光球）からの光がコロナ中の電子により散乱されたもので、コロナ自身が発する光ではない。2 百万度の温度のプラズマが放射する電磁波は極端紫外線から軟 X 線の波長にあるので、大気圏外からの観測を行わないと見ることができない。一方、温度 6 千度の光球はこれら短波長の電磁波を出さないので、大気圏外からの X 線観測では太陽本体の上にもコロナを観測することができ、得られる情報量は圧倒的に大きくなる。1973 年のスカイラブ衛星による観測を皮切りに、1991 年に打ち上げられた我が国の「ようこう」、2006 年に打ち上げられた「ひので」の X 線観測でコロナの研究は格段の進歩を見せ、コロナの観測的研究の中心は現在では、大気圏外からの X 線観測に移っている。



ようこう衛星の軟 X 線望遠鏡で観測された太陽コロナ（1992 年 5 月 8 日）

2. 乗鞍コロナ観測所建設の経緯（乗鞍コロナ観測所 40 年誌[2]より抜粋）

我が国における日食時外の太陽コロナの観測計画は、昭和 14 年（西暦 1939 年）に野附誠夫によるコロナグラフの作製計画立案で始まったが、第二次世界大戦の拡大に伴って断念せざるを得なかった。

大戦後の昭和 21 年（1946 年）暮れになって再度計画するところとなり、口径 16cm・焦点距離 145cm の対物単レンズと、口径 5cm・焦点距離 145cm の視野レンズが試作され性能テストが行われ、昭和 22 年（1947 年）1 月 30 日の東京天文台談話会において結果が発表された。2 月より実験用のコロナグラフ第 1 号機（全木製）が素人細工によって試作され、9 月より長野県蓼科山八子ヶ峰（1680m）において、望遠鏡内の散光量の測定や鏡筒内の絞りの位置についての実験観測が行われた。しかし、この第一次試験観測では、遮光ミラーの取付金枠が融け落ち木枠が焦げ、架台とした木製の経緯儀では太陽の追尾が困難を極め、加えて 9 月 14～15 日に来襲したカスリーン台風によって作業天幕に壊滅的な打撃を受けるといった有様であった。そして帰京後、ただちにシュタインハイル赤道儀を改造し、口径 12cm の平凸単レンズ・焦点距離 150cm を使ったコロナグラフ試作第 2 号機を作り、11 月下旬より長野県渋高原(1800m)において第二次試験観測を行い、遮光板による太陽紅炎の観測と、太陽周辺の空の散乱光を測定することによって、基礎的な資料を得るための実験観測を行った。昭和 23 年（1948 年）に入って、試作第 1 号・2 号によって得られた結果について数量的な検討を加え、五藤光学の 6 吋赤道儀を改造して光学系の組入れ、オッカルティングディスク以後を取り外して調整可能とし、対物レンズ前に凹面鏡の絞りを取り付け、低分散のヒルガー分光器を使用することとしてコロナグラフ第 3 号機の製作に入った。

5 月になって、北アルプス乗鞍岳に高山市から登山バスが始めて運行されることを新聞報道で知り、6 月上旬残雪の乗鞍岳の踏査を行い、準備を整えて 7 月下旬より乗鞍・壘平において第三次試験観測を行った。その結果、8 月 12 日に至って野附誠夫がヒルガー分光器によって太陽コロナの 5303 Å 輝線を確認、翌 13 日には太陽コロナ 5303 Å と 6374 Å 輝線を観測員全員が確認、日本における日食時外の太陽コロナ観測史上記念すべき日となった。さらに 8 月 29 日にはこれらのスペクトル撮影にも成功した[3]。

この第三次試験観測行は、今迄とは違って生活面での条件が厳しく宿舎も食事も自分の手によって作らなければならなかったことで、旧陸軍の航空研究所（後の国鉄乗鞍山荘の一部）の廃屋の通路の両端を板囲いで間仕切り、ガラス戸のなくなった窓枠を板で塞ぎ、その一部分にキャビネ版位のガラス板をはめ込んだ極めて小さな明りとりを設け、通路の床には板戸を拾い集めて敷き、キャンバスの簡易組立ベッドに毛布といった非常に粗末なもので、石油ランプと炭火コンロによる忍耐の自炊生活が行われた。このような労苦も観測の成功といった喜びによって報われた感がある。

永続的なコロナ観測所を造りたいという希望も、この観測の成功によって一歩前進することと

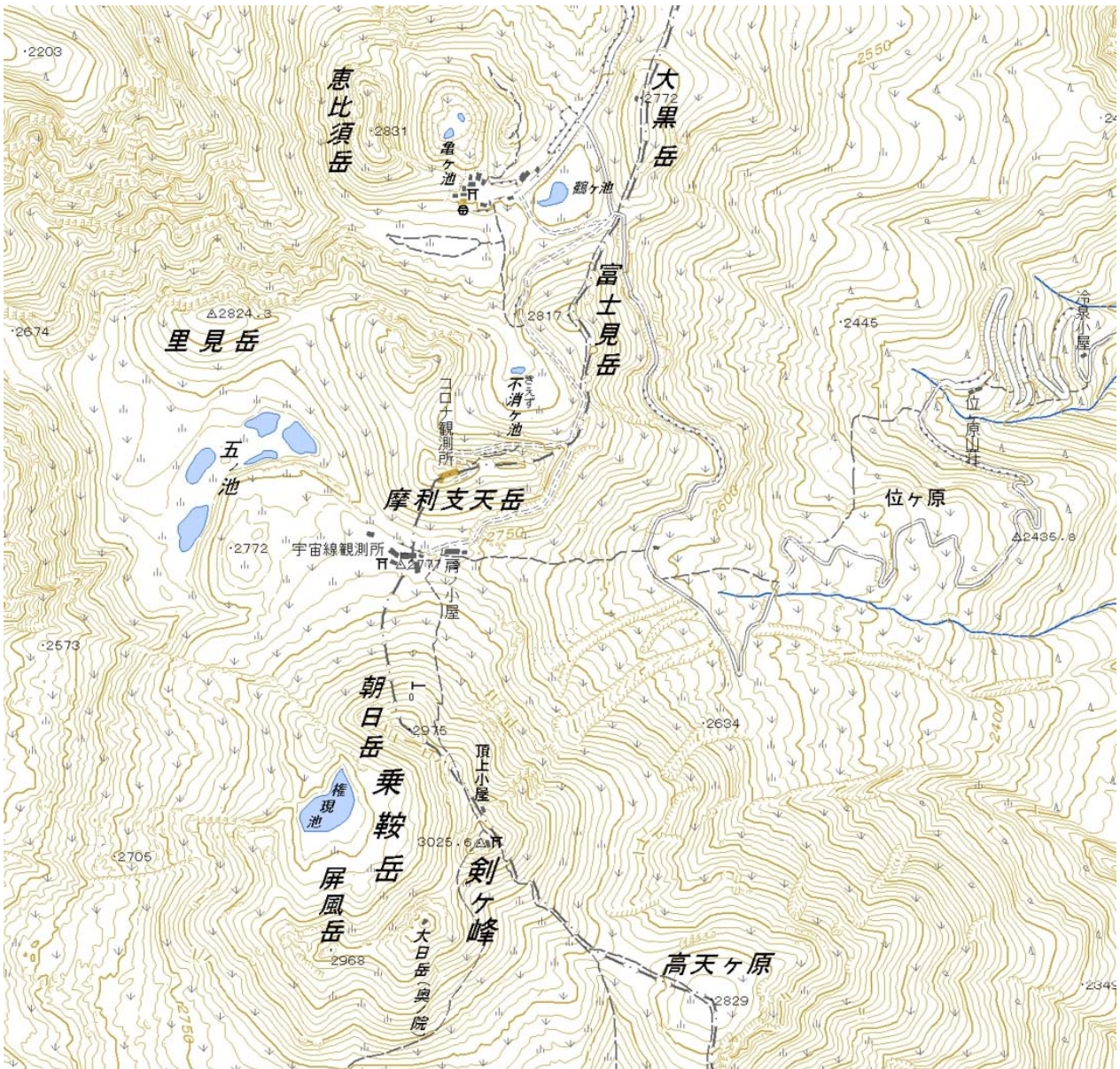
なり、若しこの乗鞍に造るとした場合には何処が良いかということになった。最初は、登山バス終点の畳平周辺でという意見もあり、又航空研究所の跡地利用を考えてはとの話も出たが、近い将来観光のために登山する車や観光客の急増が予測されること、冬季に於ける交代等が気象的条件によって不安であることから、先ず自動車道路沿いの近くは除外し、むしろ観光とは一線を画して頂上寄りにしかるべき場所を選んだ方が、将来共良いのではないだろうかということで、適地と考えられる峰や台地を精力的に踏査した。候補地として上げられた室堂ヶ原、高天ヶ原、摩利支天岳、不動岳鞍部そして富士見岳南中腹の地点における観測環境、交通、気象、生活などの諸条件の良い所となると一長一短があった。室堂ヶ原は冷泉小屋、位山荘そして肩の小屋を結ぶ冬季ルートに最も近く、気象、生活条件も及第とされたが、冬季の太陽高度が朝日岳の稜線からわずかしか離れず、風によって吹き上る雪煙に妨げられるといった致命的なことで諦めざるを得なかった。残された地点の中で日の出から日没まで太陽を追いかけることが出来ること、周囲の展望に優れ這松の育成が良いこと、冬場のルートに近く、他が霧に包まれてもこの峰はかかりにくいということで摩利支天岳が建設予定地と内定した。しかし、建設を始めとする物資の搬入や生活用水の確保といった点では、当座相当な困難を覚悟しなければならなく、出来るだけ近い将来に道路の建設と池からの水をポンプアップする必要があるとの付帯事項がついた。同年 11 月中旬より第二次試験観測を行った洪高原において、乗鞍と比較するための第四次試験観測を行った。しかしその結果は乗鞍と比べて散乱光によって空が明るく（望遠鏡を通して浮遊塵芥が雨の降るように見える）、紅炎を見ることは出来たが太陽コロナの 5303 \AA 輝線を見ることは出来なかった。そして帰路、八ヶ岳、編笠山に適地を求めて調査を行ったが、乗鞍より条件の優れた候補地を見出すことは出来なかった。

明けて昭和 24 年（1949 年）3 月中旬岐阜側平湯温泉をベースとして冬季の乗鞍岳の現地調査に赴いたが、豪雪と悪天候にさまたげられて大丹生岳で引返さざるを得なかった。その後は 4 月下旬・6 月上旬に現地の調査を行い、6 月下旬に建設予定地となった摩利支天岳の現地測量と、建設に必要な諸条件の調査が行われた。7 月に入り、悪天候続きの中で鶴ヶ池々畔を基地として観測所建設が摩利支天岳で進められる一方、8 月上旬より高山測候所夏季乗鞍気象観測所（室堂ヶ原）をベースとして第五次試験観測が行われ、前年を凌ぐ太陽コロナの 5303 \AA 輝線の明瞭な写真撮影に成功した。又観測所が出来た折の通信手段の方法として、東京との無線通信の試験を行い良好な成果を得た。そして 10 月初旬雪の季節を迎える頃となって越年を目的とした観測所が竣工し、



人の背による越冬物資の搬入と整理に追われる日が続き、10月15日より新生活に入った。

過ぎ去った試験観測行には、常に地元の人々の協力と援助があったことで、特に第一次の観測行に於ては、食糧の欠乏によって観測を中止しなければならない状態にいたった折に、地元の方々が気持良く援助の手を差伸べてくれたことによって、観測が続行出来たこと、又第三次では濃飛乗合自動車(高山)はバスの座席を取除いて機材の運搬を無償で引受けてくれたことなどである。これは、敗戦によって不自由となった衣食住と、疲弊しきった国民の心に、平和日本の先駆けとして現われた太陽コロナの観測、そして科学の殿堂が出来るという明るい話題を提供したことにもよると思うものである。



観測所周辺の地形 (国土地理院)

3. コロナグラフの試作（乗鞍コロナ観測所 40 年誌[2]より抜粋）

コロナグラフの製作計画は昭和 14 年（1939 年）に始まる。小原光学製の両凸対物レンズを用意したが、戦争のため開発は中断された。終戦後の昭和 21 年（1946 年）秋、野附・大沢・末元・清水(一)・秦は三鷹の塔望遠鏡室を使ってコロナグラフの対物レンズ等の実験を行った。使用したレンズは対物レンズが直径 160mm、焦点距離 1450mm の単レンズ、視野レンズが直径 50mm、焦点距離 145mm であった。オリエンタル 1200 乾板を使用した。バックグラウンドがやっと思光する程度であった。昭和 22 年（1947 年）1 月 30 日、対物レンズ等のテストの結果、散乱光は光源の約 10^{-5} 程度であることが東京天文台談話会において報告された。

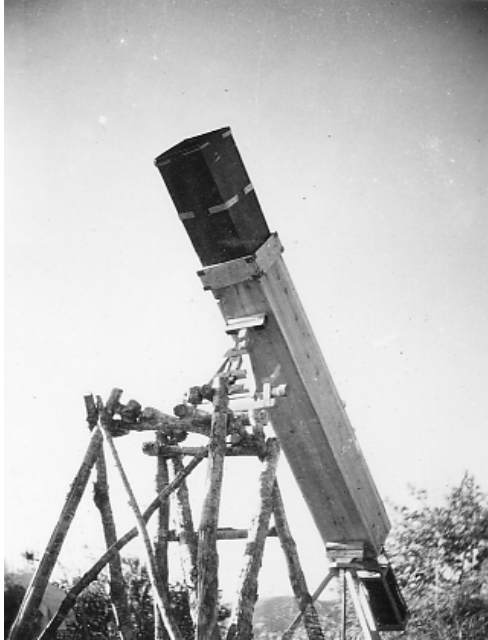
昭和 22 年（1947 年）2 月、東京天文台工場において経緯儀式実験用コロナグラフ第 1 号機の試作が野附・千場・清水(一)・小野・大江によって始まった。その後の試作機の製作と試験観測は以下の通りである。

（1）試作コロナグラフ 1 号機

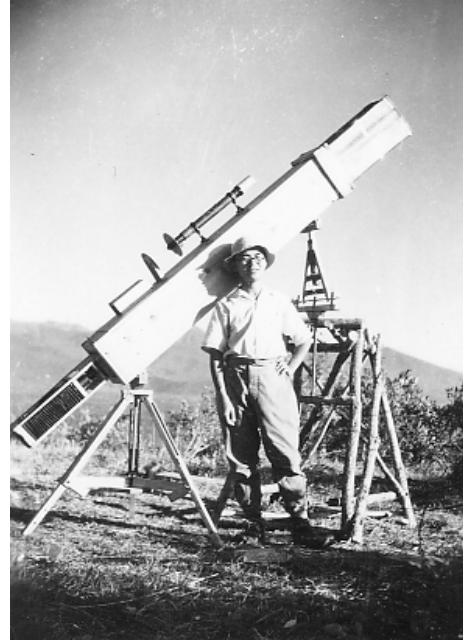
第 1 次試験観測：長野県蓼科高原（海拔 1680m）

1947 年 9 月 6 日～10 月 3 日

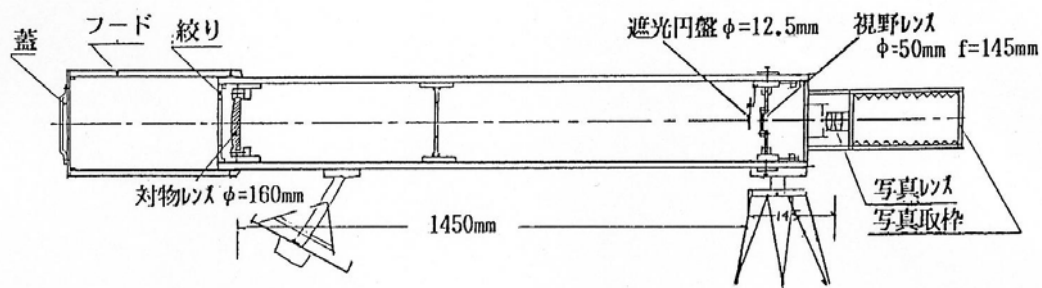
観測隊：野附誠夫、清水一郎、小野 実、大江恒彦、岡田宗之



1 号機



1 号機と清水（一）さん



1号機 諸元	
架台	全木製箱型経緯台、前脚丸太組、後脚木製三脚
対物レンズ	口径 160 mm、焦点距離 1450 mm (両凸単レンズ)
視野レンズ	口径 50 mm、焦点距離 50 mm
遮光円板	直径 12.5 mm
ガイド望遠鏡	小型、投影板方式、待ち伏せ式のガイド
シャッター	ソルントンシャッター
フィルター	ゼラチンフィルター

結果：遮光ミラー金具が融け落ち、木枠が焦げる。経緯儀台に懲りる。

カスリーン台風による被害大、天幕破損。

筒内散乱光強度の測定、鏡筒内絞り位置の決定を行う。

(2) 試作コロナグラフ2号機 (1947年10月製作)

第2次試験観測：長野県渋高原 (海拔 1800m)

1947年11月24日～12月1日

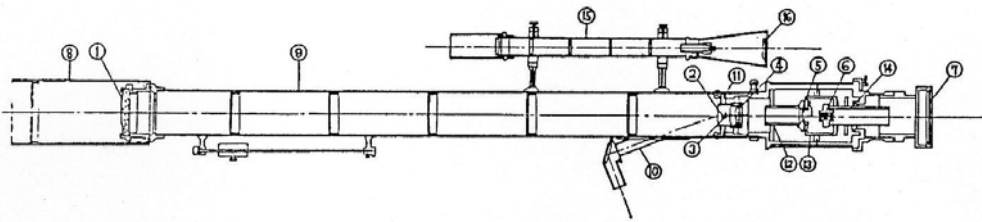
観測隊：野附誠夫、清水一郎、小野 実、大江恒彦



2号機



小野さん、野附先生、大江さん



- | | | |
|--|--|----------|
| ①対物レンズ $\phi=120\text{mm}$ $f=1500\text{mm}$ | ⑥写真レンズ $\phi=27\text{mm}$ $f=120\text{mm}$ | ⑬インカハ |
| ②平面鏡 $\phi=12\text{mm}$ $\alpha=15^\circ$ | ⑦取枠 ⑧レンズフード ⑨鏡筒 | ⑭写真レンズ調節 |
| ③遮蔽板 $\phi=1.44\sim 1.54\text{mm}$ | ⑩太陽光放出口 | ⑮案内望遠鏡 |
| ④視野レンズ $\phi=50\text{mm}$ $f=150\text{mm}$ | ⑪遮蔽板位置調節 | ⑯投影板 |
| ⑤絞りシャッター 1sec \sim 1/200sec | ⑫絞り位置調節 | |

2号機 諸元	
架台	シュタインハイル改造型赤道儀架台、木製三脚
対物レンズ	口径 120 mm、焦点距離 1500 mm、平凸単レンズ（日本光学）
視野レンズ	口径 50 mm、焦点距離 150 mm、平凸単レンズ
写真レンズ	焦点距離 120 mm、F/4.5（テッサー）
遮光円板	直径 14.4, 14.6, 14.8, 15.0, 15.2, 15.4mm の 6 枚
ガイド望遠鏡	対物レンズ口径 100 mm、焦点距離 800 mm
シャッター	絞りシャッター 1.0 \sim 1/200 秒
フィルター	色ガラスフィルター

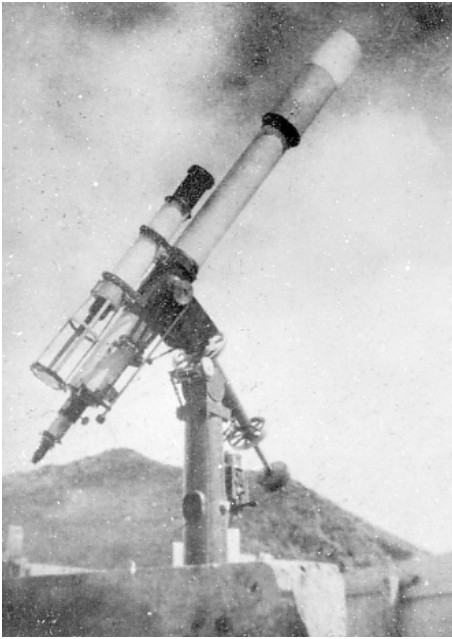
結果：フィルターによるプロミネンスの観測、太陽周辺の明るさの測定を行うが、空が非常に明るくコロナは見えない。プロミネンスも見えず。光学系の調整不完全のためガイドが困難で、直接撮影はあきらめる。

（3）試作コロナグラフ 3号機（1948年3月～7月製作）

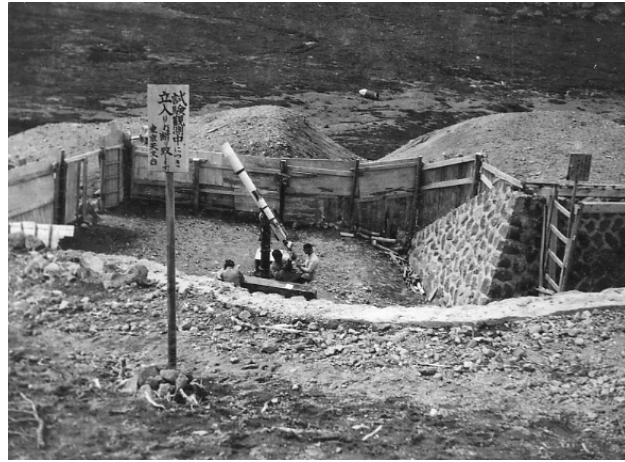
第3次試験観測：岐阜県乗鞍岳畳平・航空研究所跡（海拔 2740m）

1948年7月24日～9月4日

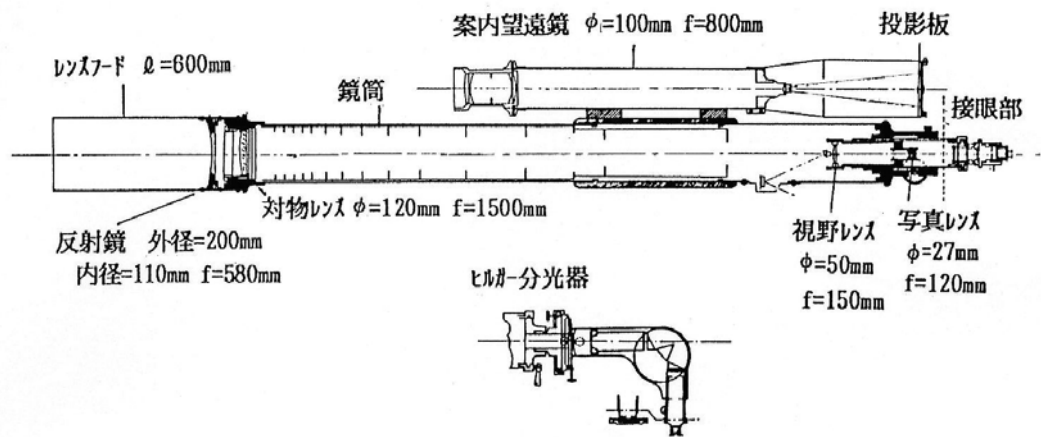
観測隊：野附誠夫、清水一郎、小野実、大江恒彦 大沢清輝、千場達、森下博三、荻野友七



3号機



乗鞍畳平 元航空研究所跡



3号機 諸元	
架台	五藤6インチ改造型赤道儀架台、225kg 朝顔型鉄製
対物レンズ	口径120mm、焦点距離1500mm、平凸単レンズ
視野レンズ	口径50mm、焦点距離150mm、平凸単レンズ
写真レンズ	焦点距離120mm、F/4.5 (テッサー)
遮光円板	直径14.4, 14.6, 14.8, 15.0, 15.2, 15.4mmの6枚
ガイド望遠鏡	対物レンズ口径100mm、焦点距離800mm
接眼レンズ	焦点距離40mm
分光器	ヒルガー分光器

結果： 8月12日 コロナ輝線 5303Å を確認 (野附)

8月13日 コロナ輝線 5303Å および 6374Å を確認 (全員)

(4) 試作コロナグラフ3号機・改 (1948年9月～10月)

第4次試験観測：長野県渋高原

1948年11月13日～12月6日

観測隊：野附誠夫、清水一郎、小野実、大江恒彦、千場達、名取正



3号機・改

野附先生



小ヒルガー分光器

3号機・改 諸元	
架台	五藤6インチ改造型赤道儀架台、 コンクリート台を作り朝顔型の上部のみ使用
対物レンズ	口径120mm、焦点距離1500mm、平凸単レンズ
視野レンズ	口径50mm、焦点距離150mm、平凸単レンズ
写真レンズ	焦点距離120mm、F/4.5 (テッサー)
遮光円板	直径14.4, 14.6, 14.8, 15.0, 15.2, 15.4mmの6枚
ガイド望遠鏡	1号機と同じ
分光器	ヒルガー分光器

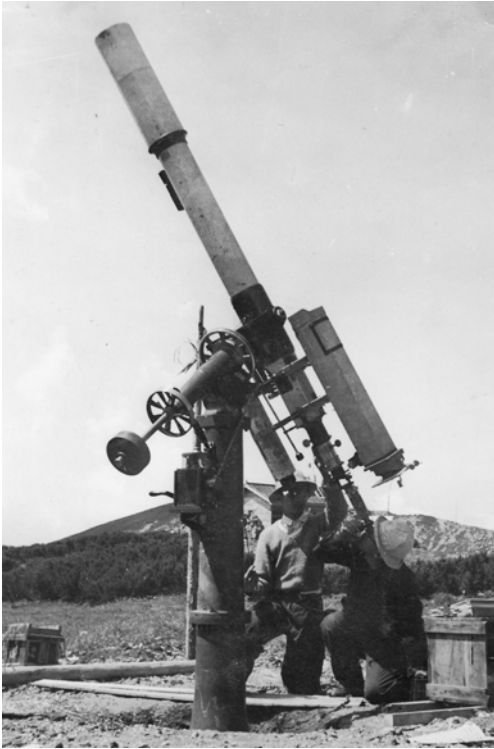
結果：乗鞍と比べて空が非常に明るい。浮遊塵が非常に多く、雨が降るよう。プロミネンスは見えるが、コロナ5303Å輝線は見えない。従って、乗鞍岳が決定的となる。

(5) 試作コロナグラフ4号機 (1949年)

第5次試験観測：岐阜県乗鞍岳室堂ヶ原・気象観測所前 (海拔2840m)

1949年8月7日～8月31日

観測隊：野附誠夫、千場達、清水一郎、野島幸雄、森下博三、河野節夫、渋谷五郎



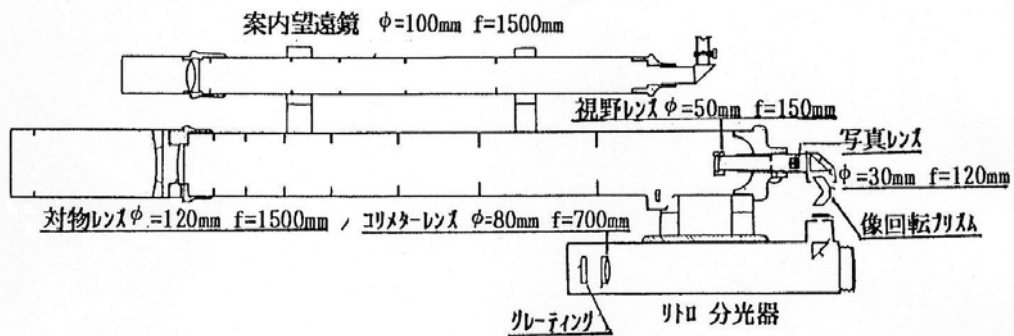
4号機 清水（一）さん 野附先生



リトロー型分光器 ガイド望遠鏡



組み立て風景



4号機 諸元	
架台	五藤 6 インチ改造型赤道儀架台、朝顔型
対物レンズ	口径 120 mm、焦点距離 1500 mm、平凸単レンズ
視野レンズ	口径 50 mm、焦点距離 150 mm、平凸単レンズ
写真レンズ	口径 30 mm、焦点距離 120 mm
遮光円板	直径 14.4, 14.6, 14.8, 15.0, 15.2, 15.4 mm の 6 枚
ガイド望遠鏡	対物レンズ口径 100 mm、焦点距離 1500 mm、3号機の改造型
コリメータレンズ	直径 80 mm、焦点距離 700 mm
分光器	リトロー分光器、3 インチ径グレーティング、 $20 \text{ \AA}/\text{mm}$

結果：8月31日、グレーティング分光器によりコロナ 5303 \AA 輝線のスペクトル撮影に成功。

これと平行して、1949年7月18日～10月11日の工事で乗鞍岳摩利支天岳山頂に越年観測所が建設され、10月15日から観測所での生活が始まった。10月17日～29日にコロナグラフ試作第4号機を搬入し組立調整を行い、11月1日より試験観測に入った。11月7日～10日の間、コロナ5303Å輝線のスペクトル撮影に成功した。観測隊は交代で観測所に詰め、1950年の日本光学製10cmコロナグラフの設置を待つこととなる。



第1回越冬（昭和24年～昭和25年）
 コロナ観測所（無線室、執務室、炊事場、食堂兼寝室にて）
 山森野清河
 本下附水野
 (-)

文献

- [1] 入江 誠、熊谷收可、浜名茂男、大江恒彦、平山淳：1983, 東京天文台報, **20**, 169.
- [2] 乗鞍コロナ観測所40年誌：1994, 国立天文台
 (<http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/nkrhist/nkr00.html>).
- [3] Notuki, M.: 1951, *Bull. Tokyo Astron. Obs., 2nd Ser.*, **35**, 239.

世界の主なコロナ観測所

観測所所在地	国名	海拔	望遠鏡口径	建設年
ピク・デュ・ミディ	フランス	2860 m	20 cm, 15 cm	1930
アローザ	スイス	2050 m	20 cm, 12 cm	1938
クライマックス	アメリカ	3394 m	40 cm, 13 cm	1940, 1972年閉所
ウェンデルシュタイン	ドイツ	1840 m	20 cm	1941
カンツェルヘーエ	オーストリア	1526 m	11 cm	1943
乗鞍	日本	2876 m	25 cm, 10 cm × 2	1949
サクラメント・ピーク	アメリカ	2840 m	40 cm, 20 cm	1951
キスロヴォドスク	ロシア	2050 m	53 cm, 20 cm	1957
アルマ・アタ	カザフスタン	3000 m	53 cm, 20 cm	1958
ロムニツキー・シュティット	スロバキア	2634 m	20 cm × 2	1964
マウナ・ロア	アメリカ	3400 m	24 cm K-コロナメータ	1965
ハレアカラ	アメリカ	3050 m	25 cm, 10 cm	1967
ウラン・バートル	モンゴル	2600 m	20 cm	1970