

# 銀河系 H II 領域の電波観測

赤 羽 賢 司\*

## はじめに

1964年頃銀河系電離領域(マゼラン雲を含めて)の電波観測はにわかに活気を示して来た。というのは1950年代に電波天文学の発展と共に活躍を続けて来た電離領域(以後 H II 領域と書く)の観測機器が1960年代に入って急激に進歩したこと、さらにこれらの機器(アンテナおよび受信装置)の進歩に全く同調するかのようになり、電波の領域で OH 分子の線や、電離水素の再結合線等の発見が相次いで起ったことである。一方において大口径アンテナや大型干渉計が、巨大光学望遠鏡と共に準星の発見や究明に狂奔している時にも、新しい高性能の観測装置を駆使して、銀河系内星雲の電波観測も着実な進歩を遂げている。これらは口径が大きくなり、面精度が高いアンテナが作られるようになって来たこと、高性能のアンテナを充分に活用できる低雑音受信機が開発され、使用可能になったことに負っている。これはもちろん天文学者達のたゆまない努力の結果に帰するわけではあるが、1950年代における電波天文学の発生期(第一期)的な発展に加えて、現在(第二期的に)進行している著しい進歩は、全くめまぐるしい観測機器の進歩に依存しているものといえよう。このことはスペースの研究の全般的な傾向の一つといえよう。

ここでは H II 領域の電波観測の最近の動向や、われわれが現在日本で行っている同領域の電波観測の意義等を述べ、また最近よい成果をあげて来ている H II 領域の光学観測等についても併せて解説を試みたい。

## 1. 経 緯

周知の通り銀河面は電波的にいって、非熱輻射(高エネルギー電子のシンクロトロン輻射)に覆われているが、その強度のスペクトルは周波数( $\nu$ )と共に $\nu^{-0.7}$ の程度に弱くなり、1000 MHz(波長 30 cm)附近になると、銀河面の熱輻射成分がかなり顔を出してくる。周波数がこれより高くなると非熱成分は減衰する一方であるのに、熱成分(電離領域の水素の自由遷移)は周波数が高くなってもほとんどその強度が衰えない。したがって5000 MHz 附近以上での観測では、非熱成分の寄与を全く無視できる。1958年 Westerhout(ライデン)は1390 MHz で直径 25 m のパラボラアンテナによって、初めて銀河面の広範囲な観測を行い、有名な“W”カタログを作った。以後数人の人達によって、この程度の周波

数域で同様な観測が行われたが、現在では、電波に関係して銀河系の H II 領域を問題にする時は“W”の字を引用するのが普通となっている。これらの観測の特徴は、いづれも周波数が1000 MHz の附近であり、また口径が25 m 程度のアンテナを使用する関係から、分解能が0.5~1.0 に止まったことである。また上述のように非熱成分の混入についても多少の注意が必要とされた。

しかしながら、なんといっても、吸収物質のために光では見えないような遠い星雲が電波では数多く観測されたのである。当時は、電波源が関係する光学天体と同定されない場合は、電波源までの距離の推定は全く難しかった。しかしながら、当時体系づけられた中性水素(波長 21 cm の電波を出す)の分布と共に、現在では銀河系のすみずみまで見通した H II 領域のおよその分布を見出すに至っている。そして H II 領域の電子温度や電子密度等について従来の光学的方法との比較研究が進められた。従来の電子温度約  $10^4$  K, 電子密度  $10^2 \sim 10^8 \text{ cm}^{-3}$  等の値は大体において電波の観測結果を説明することができた。しかし当時のアンテナ(口径 20~25 m)では、使用周波数が低いこともあって(高い周波数では低雑音の受信機ができなかった)分解能が悪く、光学的には見えない数多くの H II 領域を見出したということ以外には、電波によって特別に、光学観測から決定されている電子温度や密度の値を大中に改めるまでには至らなかった。

かくして、再び H II 領域の電波観測が注目されるようになったのは、オーストラリアのパークス(口径 64 m)のような巨大な高性能のアンテナの出現と、OH 分子輝線(最初は吸収線として発見)の発見(1962)とである。これらはほとんど同時に起った。続いて NRAO(アメリカ国立電波天文台の口径 43 m のアンテナが完成(1964)し、その短い波長における優れた性能と、低雑音受信機の偉力とは、Mezger 達(1964)が電離水素の再結合線(水素の主量子数が100の程度のもの)によって、銀河系 H II 領域をかなり組織的に観測する結果を生んだ。これらの結果として、電子温度については従来より相当低い( $5000^\circ\text{K}$  位)値を見出し、乱流速度や星雲(見えないものも含めて)までの距離等も電波によって全く独立な立場で研究が進められるようになった。OH 線については詳述はさけるが、H II 領域に関係した謎の電波として多くの人々の関心を集めている。

筆者は1963年パークスの64 m アンテナを使わせ

\* 東京天文台

K. Akabane: Radio Observation of Galactic H II Regions.

て貰えるということだけで、シドニーに渡った。波長 21 cm の中性水素線の勉強が主であったけれども、結果的には非常に速い (15 Kpc, 光学的には全く見えない) H II 領域 (W 49) を調べることになった。W 49 は二重電波源である (その時までにカルフォルニア工科大学の観測でわかっていた) ために銀河系外天体であると考えられていたが、筆者等の 21 cm 水素線の観測の結果、われわれ銀河系内の電波源であることがわかった。そして多分二つ目玉とも、熱的電波源 (H II 領域) であろうと考えたが、さらにこれをよく調べるために、帰国後 (1964) 筆者や森本氏は茨城県十王町にある国際電々公社の口径 20 m アンテナを借用して、周波数 4170 MHz および 6000 MHz という当時としては最も高い周波数 (先にも述べた通り、H II 領域はそれ程高い周波数で観測されていない) で、W 49 の電波スペクトル (連続スペクトルの広範囲にわたっての強度の傾き) を観測した。種々の観測誤差のために決定的な結果は出なかったが、W 49 の二つ目玉のうち弱い方の電波源が非熱的 (周波数が高くなると強度が急激に弱くなる) であるらしいことをほぼ確定づけた。しかしこの結果は続いて発表された米国 NRAO (Mezger 等) の報告にしてやられてしまったが、観測が行われたのはわれわれの方が 1 年位も早かった。またその後名古屋大学空電研究所の山下氏らも 9000 MHz の高性能のヘリウムメーザと自作の口径 10 m のアンテナとを使用して、W 49 の非対称電波源の検出に成功した。その後われわれは W 49 の二つ目玉のおおの距離等についてパークスの Kerr 氏と協力し、おおのは相互にかなり (1.5 Kpc) はなれていることを見出したが、NRAO の人々の反論もあって、まだ結論には至っていない (佐藤・赤羽・Kerr, 1966)。

このようにして H II 領域については、一方において OH 線とか、再結合線等の賑やかさを見ながらも、われわれとしてはアンテナの分解能が  $10'$  (角) の程度で、しかも高い周波数 (4000 MHz 以上) で観測が行われるならば、電波の連続スペクトルの観測が、H II 領域の細かい構造および混在する非熱電波源 (多分超新星の爆発によるもの、Tau A とか Cas A がその例) の検出等について、充分有用であるという自信を持った。もちろん周波数が高くなるほど星雲電波の明るさ (特に非熱的電波源では) 弱くなり、受信面では困難 (時間がかかること) を伴うが、何とか日本で観測したいという意欲に燃えた。前にも述べた通り、H II 領域のうち、熱的電波源は周波数が高くなるにつれてそれ程弱くならないのに、非熱的電波源は急激に弱くなって、それらの相対強度から、非熱的電波源を容易に分離できる。また H II 領域のうちでも、散光星雲として見えたり、或は見えなかったりしているものについては、精度のよい光学観測

を併行することによって星間の吸収物質についても、今までは違った角度からの情報を生み出すであろうことも容易に推定された。

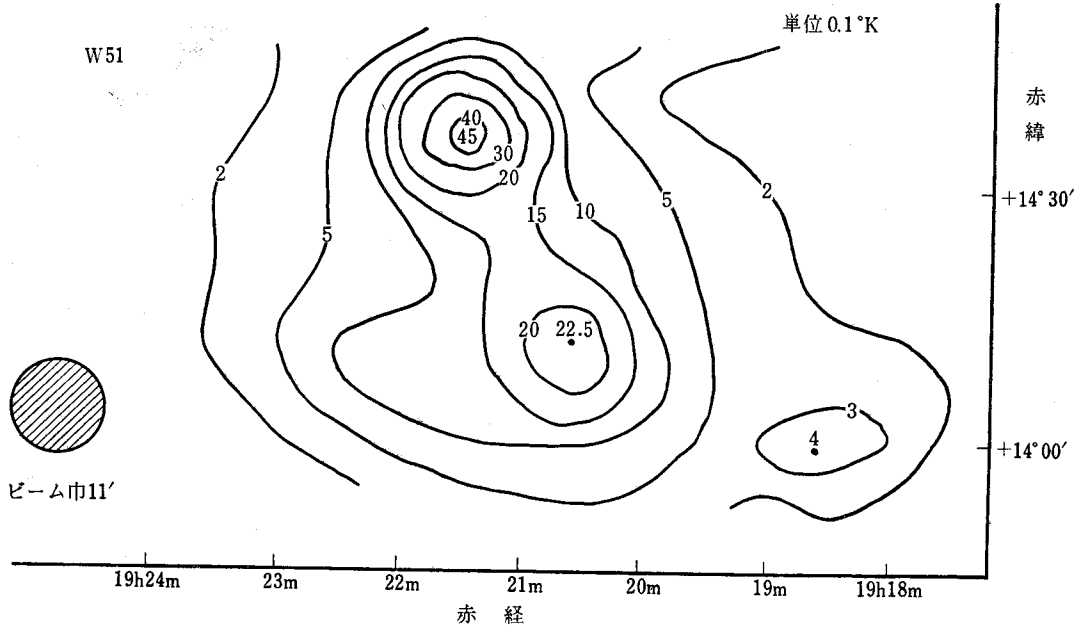
かくして 1955 年夏頃、電波研究所鹿島支所の石沢、中島の両氏と、東京天文台の赤羽、森本らは茨城県鹿島の口径 30 m のアンテナによって、周波数 4170 MHz で銀河電波を観測する計画をたてた。また森本氏は鹿島 30 m アンテナによって、H II 領域を観測する場合の主な電波源について検討を行ったりして (森本, 1965)、この計画の実際面での活発な推進力となった。

## 2. 鹿島での銀河電波の観測

鹿島の 30 m アンテナによる銀河電波の観測は、このようにして 1965 年秋頃より行われている。周知の通り、このアンテナは 30 m 級パラボラアンテナの我が国での第 1 号機であって、主として宇宙通信の研究のために設計されている。また観測に使用された周波数 4170 MHz バンドも、人工衛星との交信のためのものであるが、当時の我が国の電子工学の粋を尽した高性能の低雑音受信機を備えている。その中心部である窒素冷却パラメトリック増巾機は帯域巾約 30 MHz、雑音温度約  $80^{\circ}\text{K}$  というものであり、アンテナ系全体と組合せても、4170 MHz において、10 秒程度の積分時間をかけることによって、アンテナの等価温度  $0.1^{\circ}\text{K}$  まで充分検出可能であることが期待された。また口径が 30 m であること、使用周波数が 4170 MHz (波長 7.2 cm) ということから、アンテナ主ビームの半値巾 (アンテナ分解能) は約  $11'$  (角) となり、分解能  $30'\sim 60'$  (角) で作られた従来の銀河系電波のカタログには見られない領域の微細構造を調べることができる。

このようにして第 1 回の観測は 1966 年春より夏にかけて、多くの人々の協力のもとに行われた (赤羽、森本、宮沢、村主、石沢、中島、川尻; 1967)。そして 9 個の最も代表的な H II 領域を観測した。第 2 回は 1967 年 2~3 月に行われて (赤羽、宮沢、高橋、石沢、中島; 1967)、現在もなおこのプログラムを続行中である。ギッシリつまった人工衛星の、きびしく、また多忙を極める通信実験の隙間に、積分時間 10 秒というような気の長い電波星の観測プログラムをさしはさんでゆくのは並大抵のことではない。電波研究所の特別な理解がなくては到底考えられないことであった。鹿島支所長をはじめとして、先にも述べたように石沢、中島の両氏等が進んでこのプログラムを推進されたこと、またわれわれの宿泊から食事に至るまで一切を極めて厚意的に配慮して下さっている、鹿島支所の事務の方々の努力を忘れることはできない。

30 m アンテナの円形分解能  $11'$  (角) で、H II 領域の細かい構造を見出すという目的から、観測はすべて充



第1図 W 51 領域における 4170 MHz 電波の強度分布 (鹿島)

分と思われる程広い範囲について行われた。つまり H II 領域の裾の部分をよく調べるといふことである。これはアンテナの高分解能と、よい受信機とが一緒になって始めて可能になることであったが、鹿島の装置はこの要求を満たすものとして期待された。

次に、現在までに鹿島で得られた観測結果や、その成果の代表的な 2~3 の例について順を追って説明したい。第1図は W 51 という強い H II 領域である。 $(\alpha = 19^{\text{h}}21^{\text{m}}30^{\text{s}}, \delta = 14^{\circ}24', (1950); l^{\text{II}} = 49^{\circ}, b^{\text{II}} = 0)$ 。光学的には暗黒領域であるが、このたくましい(オリオン星雲の100倍位の大きさになる)電波の明るさは、もし光で見えた場合の偉観を想像させる。また観測された電波の明るさの分布からいって、領域が、集中的に明るい部分(複数)と、ゆるやかに拡がった部分とに分離されそうである。これを見出すために、鹿島では特に領域の裾の観測に重点を置いた。領域が集中的な部分と、ゆるやかな部分とに分解されるということは、他の 2~3 の電波源(W 43, W 3 等)についても観測され、川尻等はこれらの鹿島の観測をもとにして、それぞれの領域の大きさや、電子密度等について新しい研究を行った(1967, 後述)。このようなことは、従来の光学観測だけでは、かなり勝手に分布する吸収物質のために、はっきりしたことはいへなかったことである。

同様な観測例として、第2図に W 28 領域を示す。左下の半分程見えている強い電波源は W 29 と呼ばれるもので星雲 M 8 (=NGC 6523, Lagoon nebula) それ自身である。それより右上方に細かい構造が見出されるが、従来の分解能  $0.5^{\circ}$  程度の観測では、このあたりを

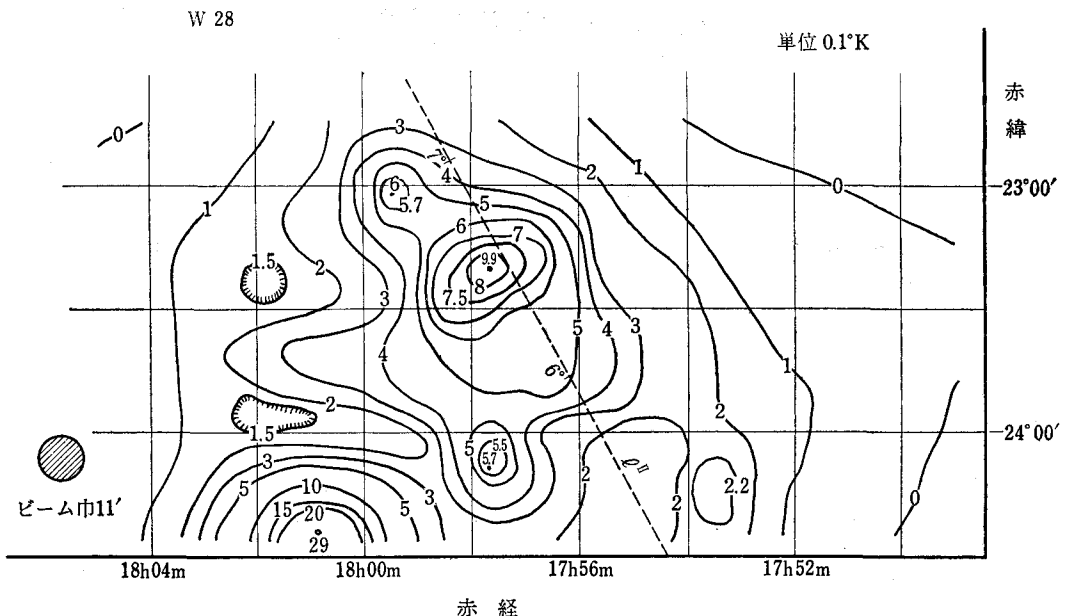
一括して電波源 W 28 と呼んでいた。しかし鹿島の観測によれば、少なくとも3個の独立した電波源に分解される。そして上方の電波源は場所的に星雲 M 20 (=NGC 6514=Trifid nebula;  $\alpha = 17^{\text{h}}58^{\text{m}}45^{\text{s}}, \delta = -23^{\circ}02', (1950)$ ) と全く一致する。また電波の強度も熱的電波源として大体説明される。下方の小さな電波源は同定されるべき光学天体は全く見つからないが、4170 MHz という高い周波数で、なおかなりの強度を与えていることは、おそらくこの電波源が熱的であることを示している。中央の比較的拡がった電波源は、従来の低い周波数(~1000 MHz)での W 28 電波源の大体の中心位置と一致する。この付近にはパロマーの星野写真でも、かすかな星雲状のものが存在するばかりで、特別な光学天体は見つからない。W 28 は大体非熱的スペクトルを示しているが、低い周波数ではこの中央の領域(ゆるやかな)の電波強度は急激に増加するのに、上方および下方の熱的電波源は低い周波数でも大体一定の強度を与えることから、従来の W 28 の主要部はこの拡がった部分にあることが理解される。そしてこの非熱的電波源はおそらく超新星の爆発によるものであろうが、光学的には吸収物質によって相当吸収されていることが推定される。つまり、鹿島の観測によって、非熱的電波源 W 28 は 2~3 個の熱的電波源(M 20 を含めて)と、主要部をなす(といっても 4170 MHz ではそれ程強くない)非熱的電波源自身とに分解されたのである。先にも W 49 電波源の二つ目玉について述べたが、このような熱的電波源と非熱的電波源との相互関係等をいろいろに想像しながら観測を行っていくことは全く楽しいことであった。

第5図は W3=IC 1795 ( $\alpha=02^h21^m00^s$ ,  $\delta=61^\circ40'$  (1950)) および W4=IC 1805 ( $\alpha=02^h28^m12^s$ ,  $\delta=61^\circ15'$  (1950)) 領域である。W3 領域は最近 OH の輝線や、水素再結合線で注目されている電波源である。また W4 領域は光学的には非常に大きな視直径をもったハート型のフィラメントで囲まれたようになっているが、電波で見ればおそらく細かい構造を持つであろうことが推定された。また W3 領域に西側から押寄せられる吸収物質雲が、フィラメントの近くで鋭く切り立っているように見えることなどが、鹿島で観測して見る直接の原因となった。W3 については、北東に伸びる大きな拡がりがあり、全体的にはやはり集中的な部分と、ゆるい拡がりを持っていることを認めたが、これは鹿島で観測が行われている頃、既に NRAO (米国) に新しく完成した口径 42m の赤道儀式アンテナによる 5000 MHz 帯での観測 (Mezger 達, 1966) に先を越されてしまった。彼等は分解能  $6'$  によって、北東に伸びる部にさらに小さな電波源を見出している。しかし先にも述べたように、鹿島では裾の部分のゆるやかな拡がりをたんねんに観測するという点に重点がおかれていて、吸収物質はなれて、裸の H II 領域の拡がりを見たいという鹿島の計画はさらに意欲的に推進された。第3図からわかるように、W4 領域は4個程度の電波源に分解される。そして右上 ( $\alpha=02^h29^m$ ,  $\delta=61^\circ10'$  (1950)) の最も強いものは、この領域の中心星団 (散開星団) の位置とほぼ一致している。またこのように複雑な構造を持った電波の明るさは、後に述べるように石田・大橋による水素の H $\alpha$  線の観測と比較されることになる。

さてこのようにして鹿島での H II 領域の観測は始まったが、われわれは H II 領域の観測的な研究の手はじめとして、電波ではほとんど裸の H II 領域が見えるという当然の事実にしがみつぐことにした。そして H II 領域の実際の大きさ (pc) や電子密度等について、先づ素朴な検討を試みた。また水素の再結合線や、OH 分子輝線についての新しい外国の報告もできるだけ引用することにした。光学的に見えない H II 領域の距離は、W49 等のように中性水素線の吸収によって求めるか、或は電離水素の再結合線や OH 分子輝線の視線速度によるしかない。川尻・赤羽は森本氏らと議論を重ね、一応の結論として

- (1) H II 領域には輝度について集中的な部分と、ゆるく拡がった部分とが共存するものがある。
- (2) 集中的な部分だけのものも、拡がった部分だけのものもある。
- (3) 各電波源 ((1) や (2) のように分離できる時はおのおのの成分について) の輝度が  $1/2$  になる平均的な長さ(巾)を  $l$  pc とし、平均的電子密度を  $n_e \text{ cm}^{-3}$  とするとき (電子温度を  $10^4 \text{ K}$  と仮定して)、一般的な傾向として多くの電波源が  $n_e l \approx 610 \text{ cm}^{-3} \text{ pc}$  に近い値を持つ

ことなどが得られた (1967)。しかしこの研究は現在のところ、銀河系の暗黒星雲や、マゼラン雲の中の H II 領域 (Broten 氏の好意による) 等について同様な関係 ( $n_e l$  の値は多少異なるが) を見出して、比較検討するに止まっている。しかし一体どのような量に着目し、観測を行なうことが H II 領域の因果・生成の解明に一歩



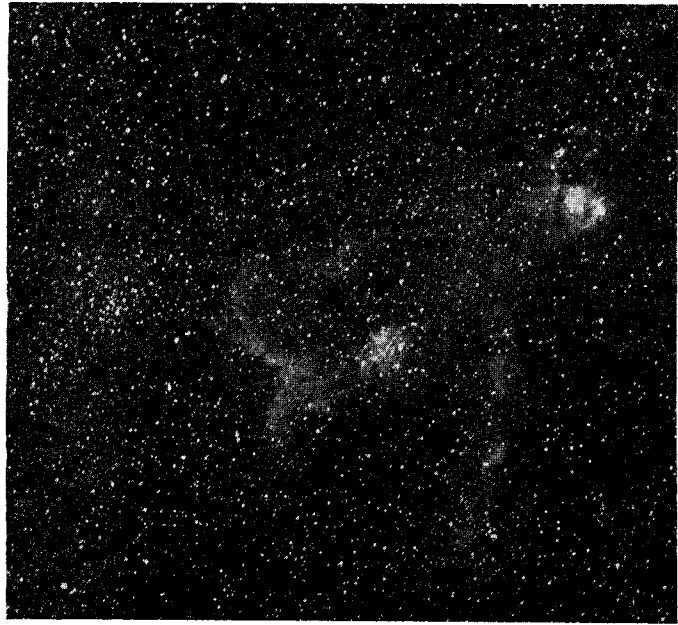
第2図 W28 領域における 4170 MHz 電波の強度分布 (鹿島)

でも近づくのか、われわれは全く暗中模索といったところである。

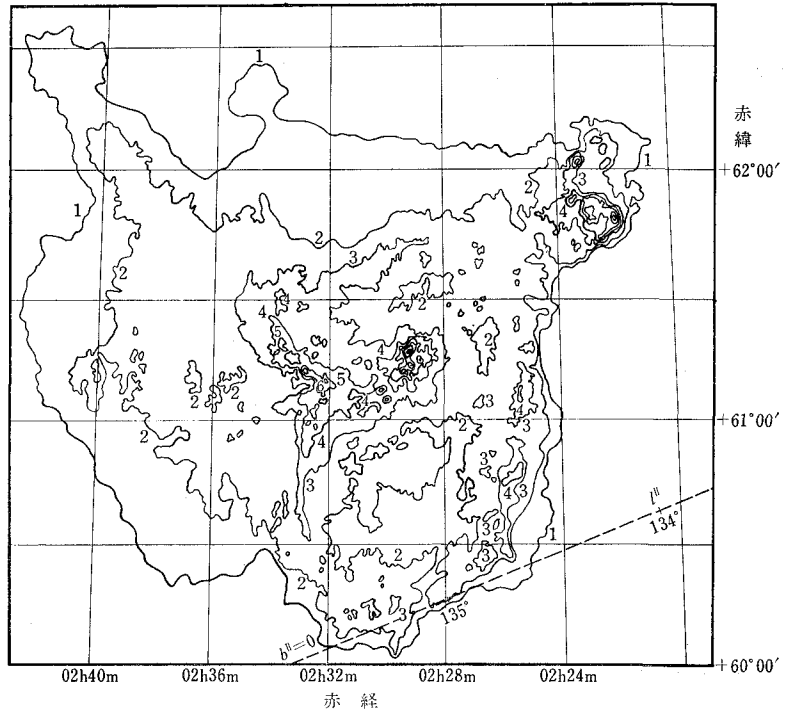
3. 堂平における H II 領域の光学観測

高窪・石田はかねてより東京天文台堂平観測所で銀河系星雲の観測研究を進めていたが、1966年秋頃より、石田・川尻・大橋が主となって、H II 領域の水素の H $\alpha$  線の観測を行なった(石田・大橋, 1967, 石田・川尻, 1967). 彼等は保谷ガラスフィルタ (R 64) と Kodak 103 a-E 乾板とを組合せて、H $\alpha$  線(波長 6563 Å)を中心に透過巾約 300 Å のフィルタ一を作り、これを同所の 50 cm シュミットカメラに装備した。得られた写真原板は東京天文台の isophotometer にかかけられて、H $\alpha$  線の輝度の等高線図を作った。また石田・川尻は市 300 Å のフィルターに入ってくる星(特にその視野内で撰んだ)の絶対光度を中介して、H $\alpha$  線の輝度の絶対値を観測することに成功した。この方法は従来の同種の観測に比べて、絶対光度に関する限り、著るしく精度が高いものと思われる。また特に星雲に対して広い領域について測定を行い、バックグラウンドの寄与を注意深く考慮してある点が強調されるべきである。領域の裾のあたりを重視して、広い領域を忍耐強く観測したことは鹿島の電波観測と共通している。彼等は第1回として、やはり数個の代表的な散光星雲について観測を行い、電波観測と比較した、第3図は石田・大橋がこのようにして撮影した IC 1795 および IC 1805 の領域である。また第4図には石田・大橋による同領域の H $\alpha$  輝度の等高線図が示される。この図を鹿島の 30 m アンテナの分解能 11' で滑かにし、第5図の電波の明るさを比較した。領域が普通の意味での H II 領域であり、その電

子温度を仮定すれば、領域各部から放射される H $\alpha$  線のエネルギーと、電波の連続スペクトルの単位周波数あたりのエネルギーとの比較 (H $\alpha$ /E $_R$ ) は理論的にかなりの精度で計算される。しかもその比率に関する限り、電子



第3図 IC 1795 (=W 3) および IC 1805 (=W 4) 領域の H $\alpha$  線による写真(堂平)



第4図 IC 1795 (=W 3) および IC 1805 (=W 4) 領域における H $\alpha$  線の明るさの分布(堂平)

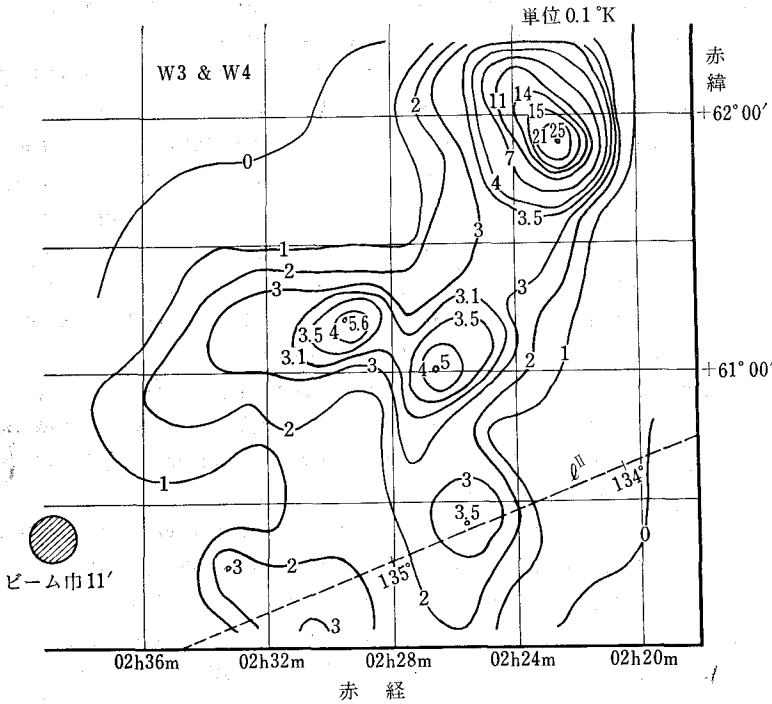
密度の効果は両者の間で相殺され、電子温度のゆるい関数となる。

このようにして  $H\alpha$  や電波が全く吸収を受けない時の両者の輝度の比率  $(H\alpha/E_R)_0$  を計算し、電波による吸

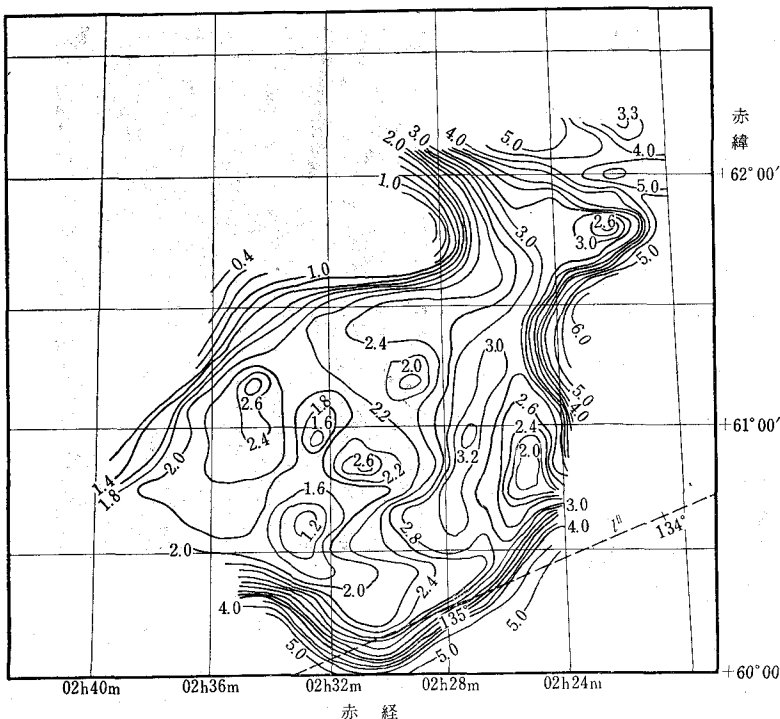
収は小さいものとして、 $E_R$  に電波の観測値そのものを用いれば、吸収を受けない  $(H\alpha)_0$  が算出される。さらに実際に観測された  $H\alpha$  線の強さを  $(H\alpha)_0$  と比較することによって、 $H\alpha$  線の星間吸収量を求めることができる。

第6図(石田・赤羽, 1967)はこのようにして求めた領域各部分における  $H\alpha$  の吸収量である。ここでは一様な電子温度  $10^4 K$  を仮定した。図では  $H\alpha/(H\alpha)_0$  を等級で表した。これは広義には、 $H\alpha$  の波長域と、電波の波長域との間の星間吸収による色超過と解釈されるものであるが、この場合は特に電波の領域では星間吸収がほとんど省略できるという点が重要である。すなわち  $H\alpha$  波長域の星間吸収(といってもわれわれから  $H\alpha$  領域までの星間物質の積分量についてであるが)の絶対量を求めることができたわけである。

$H\alpha$  領域全体について、光と電波とを比較して、その平均的な吸収量を研究することは今までにもなされてきたが、第6図のようにH II領域がその前方にある星間物質の吸収量について分解されたのは初めてのことである。これは全く、石田・大橋によって光学観測の精度が高められたことと、鹿島の30mアンテナおよびその受信装置の高い性能とに依存していることは明かである。第6図では  $H\alpha/(H\alpha)_0$  は大体1等から5等の間で求められているが、この範囲は、光と電波の両者の観測精度にかかっている。すなわち両者共、特に領域の裾のところでの観測精度が向上すれば、吸収量の求まる範囲はさらに広がる。第6図に関する限り、電波の方が光学に比べて、指向巾(分解能)は勿論のことであるが、観測精度がまだまだ足りない。第6図によって銀河面に近い部分に伸びる、あたかも領域をとりまくような強い吸収領域、また第4図と比較して、いわゆるH II領域における複雑な吸収雲を見ることができる。しかし将来の問題としては、上に述べた  $(H\alpha/$



第5図 IC 1795 (=W 3) および IC 1805 (=W 4) 領域における 4170 MHz 電波の強度分布 (鹿島)



第6図 IC 1795 (=W 3) および IC 1805 (=W 4) 領域における吸収雲の分布 (堂平, 鹿島)

$E_{H\alpha}$  の理論的検討や、また観測的には、 $H\alpha$  線自身の星間物質による散乱等についての検討が残されている。そして堂平の 50cm シュミットカメラによる HII 領域の偏光の観測を石田氏等に大いに期待したい。

とにかくなるべく広い、多くの領域について第 6 図のようなものを求めることを第 1 計画とし、プログラムは光も電波も大体同じように入っている。目下のところは堂平、鹿島とも揃って IC 1848 (=W5), NGC 2237-9 (=W 16, Rosette nebula), また NGC 7822 (=W 1) 等の領域を観測している。

一方、佐藤文男氏(東大大学院)は NRAO の 91m アンテナによる 21cm 水素線の観測をもとにして、銀河系 HII 領域と HI 雲(電離してない中性水素雲)との関係を調べ、HII 領域の距離や、HI 雲の不規則な運動等を研究している。そして、たとえば W 49 の弱い方の電波源は強い方より 1.5 Kpc ほどわれわれに近い(前述)とか、Cyg X 領域の HII 各電波源はかなり奥行的にちらばっていることなどを見出した。また IC 1795 (=W3) については領域の中にあるべき若い星の星団が強い吸収のためにほとんど見えていないので、この領域の暗い星(13~14 等まで)測光とを行った(岡山天体物理観測所)。その目的は、あるべき O-B 星を探すことと、またそれらの星の光がうけている吸収量を見出し、星間吸収の問題を、電波(21cm 線も含めて)、 $H\alpha$ 、および星の立場から総合的に研究することである。

## まとめ

以上簡単に鹿島の口径 30m のアンテナによる銀河電波の観測状況、また今後の見通し等について述べて来た。そしてわれわれは暗黒領域についても HII 領域を細分し、さらに非熱的電波源の分離等に成果をあげたが、一方においては、4170 MHz での連続スペクトルの観測は期せずして東京天文台の堂平観測所の  $H\alpha$  線の観測と結びつき、石田等が  $H\alpha/(H\alpha)_0$  の分布図を描き出すきっかけとなった。丁度この原稿を書いている筆者のところにテキサスにいる石田氏より手紙が来て、去る 12 月 10 日にワシントンで行われた HII 領域のシンポジウム(石田氏出席)の様子が伝わった。それによると、このような絶対吸収量についての分布図は今までに全く見られなかったもので、HII 領域の研究や、星間吸収の研究の立場から高く評価されたとのことである。しかし、これはわれわれの着想とか、なりゆきがそうなったまでのことで、さらに優れた観測機器(例えば大型電波望遠鏡)を持ち、しかも上質な空に恵まれた人達がいずればのり出してくることであろう。

ここで述べた鹿島での星雲の電波観測所は、電波研究所長、同鹿島支所長並びに東京天文台長の御尽力による両研究所の共同研究として行われているものである。

またこの解説をかくにあたっては、鹿島の村主支所長はじめ、同所の多くの人々に実際面で色々お世話になったことを深く感謝申上げる。

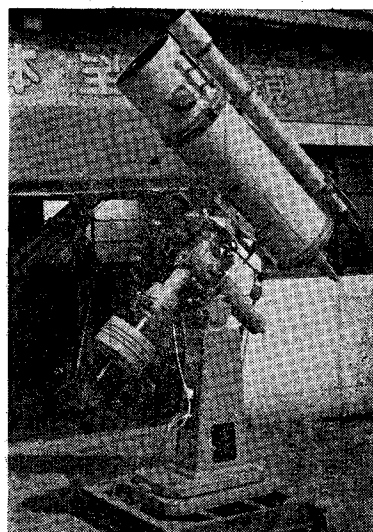
## 西村製の反射望遠鏡

- |          |                                    |
|----------|------------------------------------|
| 30cm “A” | カセグレン・ニュートン兼用<br>10cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| “B”      | カセグレン焦点<br>15cm 屈折望遠鏡 (f/12)       |
| 40cm “A” | カセグレン・ニュートン兼用<br>15cm 屈折望遠鏡 (f/15) |
| “B”      | カセグレン焦点<br>20cm 屈折望遠鏡 (f/12)       |

株式会社 西村製作所

京都市左京区吉田二本松町27  
電話 (77) 1570, (69) 9589

カタログ実費90円郵券同封



30 cm 反射望遠鏡

ニュートン・カセグレン兼用