

## 北極域観測ナトリウム温度ライダーの開発の現状

Development report of the sodium temperature lidar  
for the observation of Arctic mesopause region

○川原琢也<sup>1</sup>、野澤悟徳<sup>2</sup>、川端哲也<sup>2</sup>、藤井良一<sup>2</sup>、斎藤徳人<sup>3</sup>、和田智之<sup>3</sup>  
○Takuya D. Kawahara<sup>1</sup>, S. Nozawa<sup>2</sup>, T. Kawabata<sup>2</sup>, R. Fujii<sup>2</sup>, N. Saito<sup>3</sup>, S. Wada<sup>3</sup>

<sup>1</sup>信州大学工学部、<sup>2</sup>名大 STE 研、<sup>3</sup>理研固体光学デバイスユニット

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University

<sup>2</sup>STE lab., Nagoya University

<sup>3</sup>Solid-state optical science research Unit, RIKEN

A new all-solid state, high power, injection seeded, narrow-band sodium lidar is proposed for the purpose of the long-term temperature observation in EISCAT radar site, Tromso, Norway (69.6N, 19.2E). It is based on two injection-seeded, LD-pumped Nd:YAG oscillators using sum frequency generation (SFG) technique to produce the laser at sodium D<sub>2</sub> resonance line. In the seeder part, two techniques that established by Colorado State University (CSU) group are used; one is absolute frequency monitoring technique using cw 589 nm light with a heated sodium cell, the other is acousto-optic frequency shifter. Thus the upgraded items of the laser includes: (1) producing higher pulse laser output, 4W, (2) high beam quality ( $M^2 < 1.3$ ) which LD-pumping Nd:YAG have made, (3) precise frequency locking using sodium cell Doppler free feature, (4) acousto-optic frequency shift technique. In this presentation, we show some preliminary experimental results.

信州大学では、南極観測用に開発したナトリウム温度ライダーの大幅な改良版として、次世代型高出力 Na ライダーの開発に着手した。このライダーは、名古屋大学、信州大学、理研との共同開発で、平成 21 年度中にノルウェーのトロムソに設置される。ここで EISCAT レーダなどとの同時観測により、北極域中間圏下部熱圏領域の高精度かつ定常的な風/温度観測を実現する。

新型ライダー送信レーザーは、Nd:YAG レーザの 1064nm, 1319nm のパルス共振器で構成され、非線形結晶(LBO)により和周波の 589nm パルスレーザーを生成する。この方式は、ナトリウムライダー用の固体レーザーとしては唯一の方式で、Nd:YAG レーザという極めて確立したレーザー技術を応用できるという点で、他の共鳴散乱ライダー固体送信系とは比較にならない安定性、操作性を実現した。信州大学ではこの方式のライダーで、南極観測(2000-2002)によりその有用性を実証した。新型ライダー送信レーザーでは、従来のフラッシュランプ励起方式をレーザーダイオード (LD) 励起に変え、高繰り返しによる高出力化を実現した。表 1 にはライダーのスペックを示す。出力の点では、従来の 0.2W から約 20 倍の 4W 以上高出力化が期待できる。すなわち、1 時間積算で従来、温度精度 1K 以下@90km を実現していたが、これが数分の時間分解能と

なる。また、LD を使用して効率よく Nd:YAG 結晶を励起できるため、これが高繰り返し化を実現しながら空冷型レーザー(フラッシュランプ励起では水冷)を実現し、システムとしての安定度も極めて高くなった。

Table 1. Spec. of the new sodium lidar.

cw 1064 laser	Innolight Mephisto 1W
cw 1319 laser	Innolight Mephisto 500mW
wavelength	589.156nm
Max power	~4W
Repetition rate	1 kHz maximum
Pulse width	20-30 nsec
bandwidth	~30 MHz
Power stability	+/- 5%
Frequency monitor	WS-7 or WSU-10, and Doppler free

LD での励起方式は Nd:YAG rod の外部から励起する end pump を採用し、rod とハウジングを独立させる。励起光源の LD はレーザー定盤外部のラック内に設置し、そこから光ファイバーを用いて共振器まで光を導く。LD

の交換時期は、24 時間毎日レーザを稼働したとして 3 ヶ月である。LD を交換する場合は、光源側のファイバーのつけ替えだけで光学アライメントを崩さずに行えるので遠隔地においては極めて利便性が高い。繰り返し周波数 1kHz で Q-switch 発振を行い、1064nm の 10W の出力と 1319nm の 6W の出力から、和周波 589nm の 4W の出力を得る。理研が製作した、すばる望遠鏡用のレーザガイドスターレーザの経験から、出力変動が極めて小さな安定なレーザを作る技術を活かす。

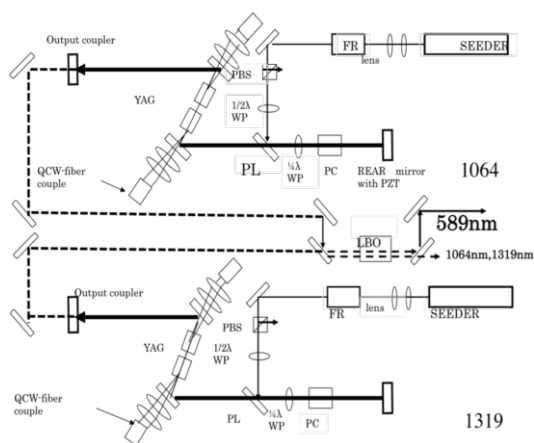


Fig.1 Optical layout of the pulse laser.

一方、パルスレーザの狭帯域化と波長を決めるために、それぞれのパルスレーザに cw 種レーザ (seeder) を用いている。現実的にはこの部分でのレーザ波長モニターと制御方法が、大気温度観測に極めて重要である。信州大学では、1064nm (1W)、1319nm (0.5W) の高出力レーザをシーダーに使い、cw で和周波をとり、589nm レーザを生成する実験を行っている。結晶には周期分極ニオブ酸リチウム (Periodically Poled Lithium Niobate : PPLN) を用いることで、従来はパルスレーザで行っていた 589nm レーザの生成が、cw で可能となった。これにより、パルスで生成する 589nm レーザの波長制御が、cw 光で可能となり、ナトリウムセルを用いた絶対周波数モニターと locking feedback 機構により、数 MHz の精度でレーザ送信周波数を固定する事ができる。図 2 には seeder から生成した

cw589nm (約 4mW) をナトリウムセルに通し、確認された共鳴散乱光の写真を示す。更に、音響光学素子 (AO) を用いた正確かつ高速な周波数シフトを用いた観測方法により、大気温度絶対計測の信頼性を確立できる。AO 実験は、He-Ne laser と実験システムを用いた動作確認を行い、周波数シフトや変換効率などの結果が期待される値と同等であることを確認している (藤橋他、H20 年度レーザセンシングシンポジウム)。この手法は温度計測の精度と時間分解能を上げるのみならず、将来的にライダーでの中間圏界面の風計測に発展させる事もできる。

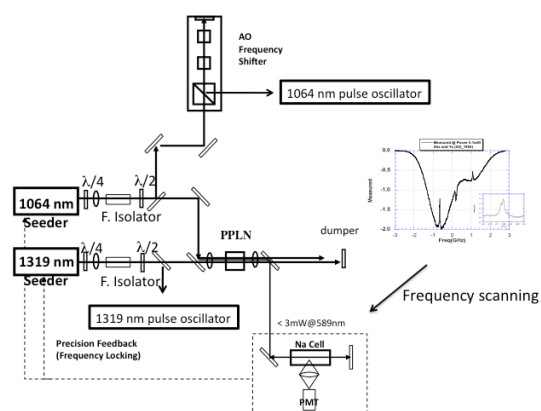


Fig.2 Same as Fig. 1 except seeder laser part.

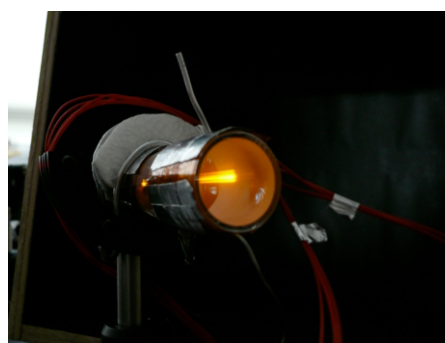


Fig. 3 Resonantly scattered 589 nm laser through a heated sodium cell.