

レーザーブレイクダウン発光分光法による ウランスペクトルの測定

(受託研究)

Measurement of Uranium Spectrum using Laser Induced Breakdown Spectroscopy
(Contract Research)

赤岡 克昭 丸山 庸一郎 大場 正規 宮部 昌文
音部 治幹 若井田 育夫

Katsuaki AKAOKA, Youichiro MARUYAMA, Masaki OBA, Masabumi MIYABE
Haruyoshi OTOBE and Ikuo WAKAIDA

原子力基礎工学研究部門
環境・放射線工学ユニット

Division of Environment and Radiation Sciences
Nuclear Science and Engineering Directorate

October 2009

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Research

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

レーザーブレイクダウン発光分光法によるウランスペクトルの測定 (受託研究)

日本原子力研究開発機構

原子力基礎工学研究部門 環境・放射線工学ユニット

赤岡 克昭、丸山 庸一郎、大場 正規、宮部 昌文、音部 治幹⁺、若井田 育夫

(2009年8月25日 受理)

レーザーブレイクダウン発光分光法(LIBS)を用いたウラン(U)やプルトニウム(Pu)等の核燃料物質中の不純物分析においては、これら複雑で密度が高い発光スペクトルを示す核燃料物質のスペクトルと不純物のスペクトルと区別する必要がある。そこで、天然ウランの発光スペクトルを測定することにより、250～750nmの波長域のウランのスペクトルを明らかにすると共に、測定スペクトルの中から分析に使用可能と思われるスペクトルを同定し、データとしてまとめた。

本報告は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託事業として、日本原子力研究開発機構が実施した平成19年度「低除染 TRU 燃料の非破壊・遠隔分析技術開発」の成果である。

原子力科学研究所(駐在)：〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4
⁺燃料・材料工学ユニット

**Measurement of Uranium Spectrum using Laser Induced Breakdown Spectroscopy
(Contract Research)**

Katsuaki AKAOKA, Youichiro MARUYAMA, Masaki OBA,
Masabumi MIYABE, Haruyoshi OTOBE⁺ and Ikuo WAKAIDA

Division of Environment and Radiation Sciences
Nuclear Science and Engineering Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received August 25, 2009)

For applying Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) to the analysis of nuclear fuel materials, it is very important to identify the emission spectrum and its intensity on impurities intermingled within complex emission spectra of matrix elements such as uranium (U) and plutonium (Pu). Then, the spectra of natural uranium are measured using LIBS, 165 atomic spectra and 381 single ion spectra were identified.

Keywords: Laser Induced Breakdown Spectroscopy, Natural Uranium, Nuclear Fuel, Echelle Spectrometer

Present study is the result of “Development of laser remote analysis for low-decontaminated TRU fuel” entrusted to Japan Atomic Energy Agency by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan (MEXT)

+Division of Fuels and Material Engineering

目 次

1. 緒言	1
2. 実験及び測定結果	1
3. 解析	3
3.1. 分光システムの感度較正	3
3.2. スペクトルの同定及び波長較正	4
3.3. プラズマ温度、遷移確率、振動子強度の算出	6
4. 結言	7
謝辞	8
参考文献	8
付録	10
付録 1 天然ウランスペクトル	11
付録 2 天然ウランスペクトルデータ	27

Contents

1. Introduction	1
2. Experiments and results	1
3. Analysis	3
3.1. Calibration of sensitivity	3
3.2. Calibration of wavelength and identification of spectra	4
3.3. Calculations of plasma temperature, transition probability and oscillator strength	6
4. Concluding Remarks	7
Acknowledgements	8
References	8
Appendix	10
Appendix 1 Measured spectra of Uranium	11
Appendix 2 Identified spectra data of Uranium	27

This is a blank page.

1. 緒言

レーザーブレークダウン発光分光法(LIBS: Laser Induced Breakdown Spectroscopy)は、パルスレーザー光を試料に照射して発生するプラズマからの発光を分光することにより、試料を構成する元素組成を分析する方法であり、これまでに基礎から応用まで、数多くの研究がなされてきた^{1)~3)}。我が国でも数多くの元素とその不純物の濃度、あるいは物質の組成比などを測定するために有用であることが認められ、その応用研究が急速に進んでいる^{4)~11)}。更に、フランスやアメリカなどの諸外国においては、核燃料物質中の不純物の分析などへの適用の研究も積極的に行われている^{12)~14)}。我々は次世代の高速炉核燃料サイクルで有望視されている低除染 TRU 燃料の不純物分析に LIBS を適用するための研究を 2005 年度より開始した^{15)~18)}。低除染 TRU 燃料は、主な母材がウラン(U)やプルトニウム(Pu)で、ネプツニウム (Np)、アメリシウム (Am) キュリウム (Cm) といった超ウラン元素 (TRU) を数%含み、ランタノイド系元素が不純物として含まれるものが想定されている。これらの重元素は、原子構造が比較的簡単なアルミニウム(Al)や銅(Cu)などの軽い元素に比べて、極めて複雑な発光スペクトル構造を持つため、この中に混在した不純物の発光スペクトルを定量的に分光分析することは困難が予想される。このため、我々は最初に、模擬試料として、ウランと同様に比較的複雑なスペクトル構造を持つガドリニウム(Gd)に、解析が簡単な銅 (Cu) を不純物として添加した金属試料に LIBS を適用することにより、複雑な発光スペクトルに混在した不純物の評価手法を検討し、得られた検量線と検出下限について評価を行った¹⁹⁾。更に、不純物としてカルシウムを添加した酸化ウラン試料に LIBS を適用し検量線、検出下限値を算出する等、不純物として銅を添加したガドリニウム金属の試験結果と同様の成果を得た^{20)~21)}。これまでに報告したように、LIBS の特徴は不純物のスペクトルと、その近傍に存在する上準位のエネルギーレベルが同程度である母材のスペクトルとの相対的な強度を用いてその濃度を分析することである。そのため、分析に使用可能である母材のスペクトルの単独性やスペクトル強度等のスペクトル自身の特性と共に、母材のスペクトルに關与するエネルギーレベルを明らかにするために、スペクトルの同定が必要である。一方、ウラン等の複雑な電子配置構造を持つ原子スペクトルでは、ほとんどの波長域でスペクトルが混在するため、不純物として含まれるランタノイドやアクチノイド系元素等の複雑なスペクトルの多くは、母材のスペクトルと干渉する。従って、不純物のスペクトルと母材のスペクトルを明確に区別するためには、分析に使用可能なスペクトルのみならず、その他の全てのスペクトルがどのように現れるかというスペクトルの出現特性を明らかにする必要がある。

本報告では、広帯域でスペクトルの分光ができる Echelle 型イメージング分光器を用いて LIBS により 250~1050nm の広い波長域にわたってウランのスペクトルを測定し、これらをスペクトル図とスペクトルデータ表としてまとめた。

2. 実験及び測定結果

実験装置の概要を Fig 1 に示す。実験は 2kPa の Ar ガスで満たした密閉できる分析容器内に試料を設置して行った。使用した試料は、天然ウランの酸化物粉末 U_3O_8 約 1g を約 200MPa の圧力でプレス成型器により厚さ約 1mm、直径約 10mm のディスク状に圧縮成型し、高温ヒ

ーターを用いて温度 1300°Cで 8 時間、大気雰囲気中にて仮焼結した。使用したレーザー光源は Q スイッチ Nd:YAG レーザー (Brilliant B) で、ビーム径 8mm、波長 532nm、繰返し数 10Hz、パルス幅 4.5ns である。レーザー光強度は波長板と偏光ビームスプリッターキューブを用いて 5m J /pulse($10^9\text{W}/\text{cm}^2$)に調節した。このレーザー光を焦点距離 200mm の平凸レンズで試料表面に直上から 10 パルス集光照射した。発生したブレイクダウン

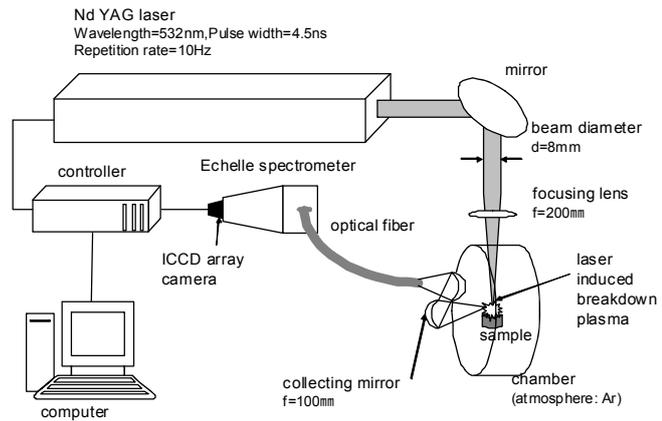


Fig 1 Experimental setup.

ン発光をレーザー入射方向とは垂直をなす角度から焦点距離 100 mm、有効径 50 mm の 90 度偏向型非軸放物面鏡を 2 枚組み合わせた集光器で集光し、NA=0.22、コア径 0.4mm の紫外グレードの石英ファイバーを通して ICCD カメラ付 Echelle 型広帯域イメージング分光器(LTB ARYELLE) に導き、250~1050nm (連続測定波長域は 250~750nm) の範囲のスペクトルについて時間分解分光を行った。レーザー照射から観測までの観測遅延時間と観測時間幅は、それぞれ 5 μs、10 μs に設定した。実験パラメータ等の詳細を Table 1 に示す。なお、これらの実験条件は我々が通常 LIBS で使用する値とほぼ同等である。

Table 1 Experimental condition and apparatus

Laser	Q-switched Nd-YAG laser (Brilliant B / Qauntel)
Wavelength	532 nm
Pulse width	4.5 ns
Repetition rate	10 Hz
Energy	5 mJ/pulse
Beam diameter	8 mm
Focal length of focusing lens	200 mm
Spectrometer	Echelle Spectrograph (ARYELLE / LTB)
Resolution of wavelength	$\lambda / 8000$ (@3pixels)
Range of wavelength	250~750nm (@1shot)
Delay	5 μs
Gate duration	10 μs
Number of integrate	10
Optical fiber	200-1050nm transmission / 400 μm core / 2m length
Collecting mirror	50mm aperture / 100mm focus length
Atmosphere	Ar (2kPa)
Calibrated Light Sources	L7810-02 (250-800nm) / HAMAMATSU

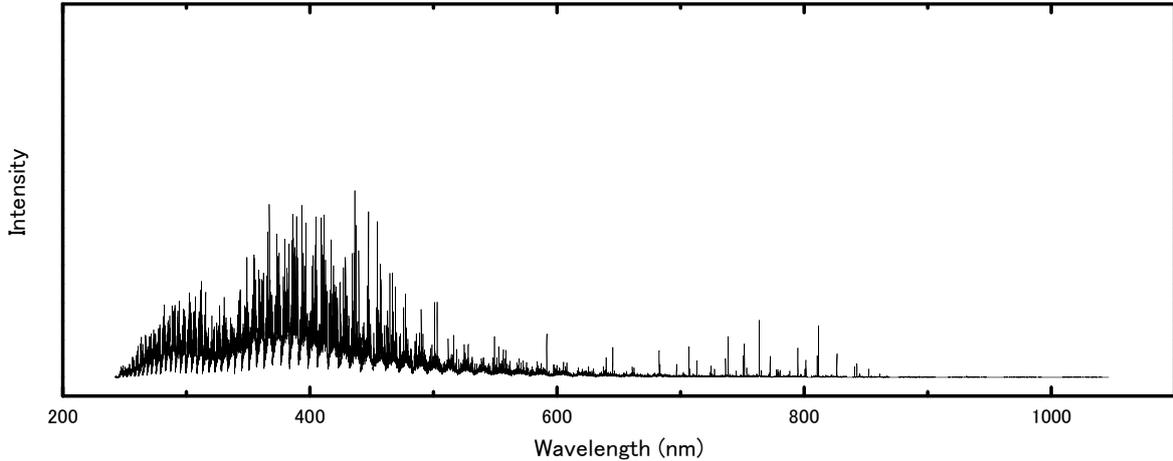


Fig 2 Emission spectra of natural Uranium

Fig 2 に波長 436.32471nm のスペクトルで規格化した測定スペクトルの全体像を示す。強度の強い多くのスペクトルが 250~500nm 付近の短波長側に存在していることがわかる。一方、長波長側の 700~900nm 付近に現れているスペクトルはバッファーガスである Ar のスペクトルであり、短波長側には Ar の発光スペクトルは確認されなかった。

3. 解析

3.1. 分光システムの感度較正

我々が使用している Echelle 型分光器と ICCD 検出器から構成される分光システムは測定波長を λ とすると $\lambda/8000$ nm の比較的高い分解能で 250~750nm 以上の広範囲にわたる波長のスペクトルを同時に時間分解分光ができる。このことから、レーザーブレークダウン発光分光を用いた母材中に含まれ不純物の分析測定に数多く適用されている。しかし、Echelle 型分光器は、その原理上、多くの次数の回折光を同時に測定しているため、スペクトル強度を広範囲で比較する場合には、検出素子である ICCD カメラの感度に加え、それぞれの次数における感度をも較正する必要がある。例えば Fig 3

に示すように、測定したウランスペクトルの 400~450nm を切り出したスペクトルは、スペクトルが重なりあっているために全体が持ち上がり、連続スペクトルのように見える。この連続した部分には約 10nm 間隔で山のような盛り上がりが見られる。これが、Echelle 型分光器の特徴であり、それぞれの山は異なる次数で回折したスペクトルである。このような各回折次数による多くの山がスペクトルにあらわれるため、他の分光器により得られたスペクトルとの比較が

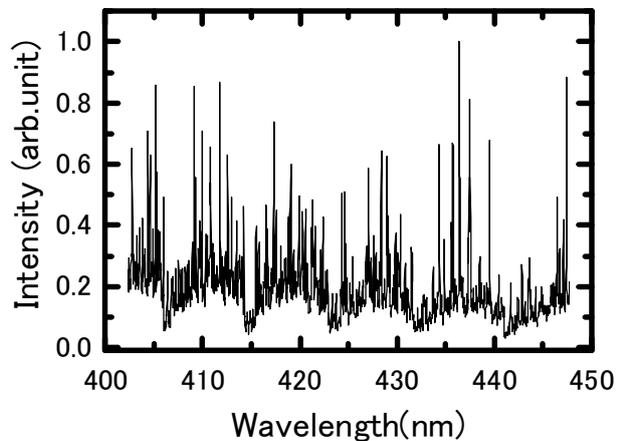


Fig 3 Emission spectra (400-450nm range) of natural Uranium

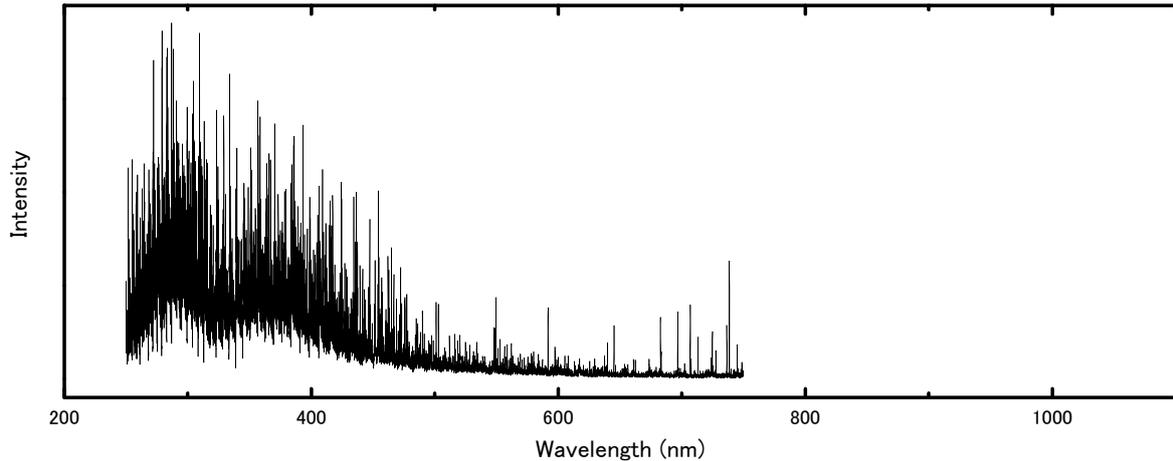


Fig 4 Calibrated spectra of natural Uranium

困難であるだけでなく、同じ分光器内における異なる回折次数に現れるスペクトル強度の直接比較も難しくなる。

そこで、我々は上で測定した際に用いた集光器、光ファイバー、分光器など、同じ光学系を用いて、あらかじめ分光放射照度の判っているキセノンランプの標準光源(L7810-02/浜松ホトニクス)を分光し、そのスペクトルを用いて先のウランスペクトルの強度を校正した。その結果を Fig 4 に示す。Fig 2 との比較のためにスペクトル強度は波長 436.32471nm のスペクトルで規格化し、横軸も同じスケールにとった。但し、標準光源の波長域が 250~800nm で校正されていること、分光器の連続測定波長域が 250~750nm であることから、感度校正として有効である 250~750nm の波長範囲のみを描いた。校正前のスペクトルと比較すれば 350nm 以下の短波長側のスペクトル強度が更に強くなっていることがわかる。次に、Fig 3 で示した 400~450nm の範囲の校正されたウランスペクトルを Fig 5 に示す。それぞれの回折次数のスペクトルの強度が校正され、山のように盛り上がる Echelle 型分光器の特徴が緩和され、スペクトルの繋がりが良くなっていることが判る。

3.2. スペクトルの同定及び波長校正

これらの結果を元に Fig 4 で示した範囲のウランスペクトルについて同定を行った。スペクトルの同定には、スペクトル解析ソフト PLASUS SpecLine と Center for Astrophysics(CfA)の Atomic and Molecular Physics(AMP) Science Group がインターネットで公開しているデータベース²²⁾を使用した。なお、同定は大気波長で行った。ウランでは多くのスペクトルが存在し、その中には原子

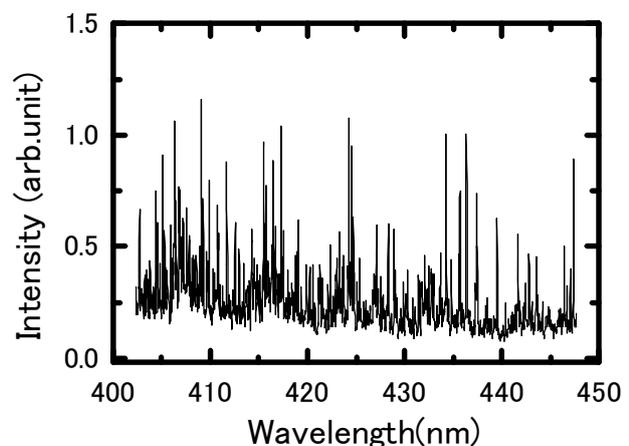


Fig 5 Calibrated spectra (400-450nm range) of natural Uranium

やイオン等のいまだに同定されていないスペクトルが多数混在している。また、使用した分光器の相対波長の精度は ICCD の分解能で 3 ピクセルであり、これは $\lambda/8000\text{nm}$ の精度に相当するが、絶対波長については、波長の較正精度によるため、その信頼性は相対波長精度よりも劣る。従って、これらのことを考慮してスペクトルの同定を行わなければならない。そこで、データベースに掲載されているスペクトル同士の波長差を相対波長として、該当するスペクトルの組み合わせを測定スペクトルから抽出することにより、スペクトルの同定を行った。この際、信頼性が低い測定スペクトルの絶対波長は ICCD の分解能(3 ピクセル)の 3 倍を基準に ± 9 ピクセル (波長で $\pm 3\lambda/8000\text{nm}$) 程度の範囲内で探索した。また、スペクトル同士の波長差については ICCD の分解能である ± 3 ピクセル (波長で $\pm \lambda/8000\text{nm}$) を基準に、それ以内にある場合を採用した。CfA のデータベースには 250~750nm の範囲で 1052 本の UI 及び UII のデータが登録されており、これと比較することによって、分析に使用可能と思われるスペクトルとして、原子スペクトル 165 本、一価のイオンスペクトル 381 本について同定を行った。

次に、同定したスペクトルの波長精度について考察した。Fig 6 に同定したスペクトルについてデータベースにおける波長と分光器の指示波長の差をデータベースの波長でプロットした図を示す。図中○で示したデータベースと分光器の波長差は、横軸のデータベースの波長と相関があることが判る。図に示した実線は、この波長差をフィッティングしたものであり、波長差(分光器の波長のずれ)を $\Delta\lambda$ 、データベースの波長 (正しい波長) を λ とすると、次の式で表される。

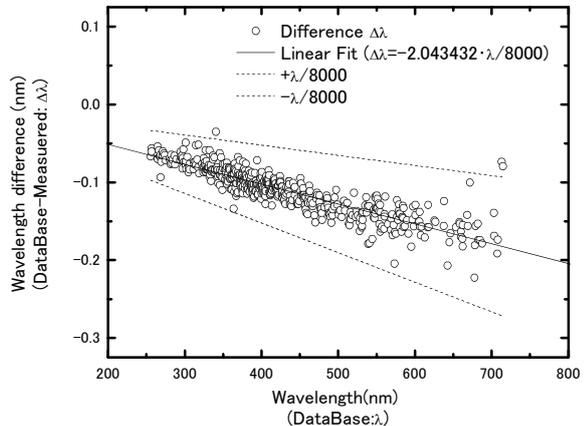


Fig 6 Correlation of the wavelength difference to database wavelength

$$\Delta\lambda = -2.043432 \cdot \frac{\lambda}{8000} \tag{1}$$

ここで、分光器の精度 $\lambda/8000\text{nm}$ が 3 ピクセル相当であることから、分光器の波長のずれ、即ち絶対波長のずれは(1)式の傾きと等価であり、相対波長精度の約 2 倍 (約 6 ピクセル)、長波長側にずれていることが判る。一方、図中の破線で示したフィッティング直線に対して $\pm \lambda/8000\text{nm}$ の直線から、ほとんどの波長差はこの直線内に納まっていることが判る。このフィッティング直線からのばらつきの標準偏差を計算すると 0.01442nm となり、その値は十分小さく、同定したスペクトルは分光器の波長精度の中に納まり、同定結果は妥当であるといえる。そこで、このフィッティング直線を正しい波長であるとみなして、測定波長とデータベースの波長の相関関係式 (1)を用いて測定スペクトル全体の波長の較正を行った。これにより、先に標準偏差で示した波長のばらつきは相対波長のばらつきのみならず、絶対波長のばらつきをも示すことになる。

3.3. プラズマ温度、遷移確率、振動子強度の算出

これまで述べてきた感度と波長の較正並びにスペクトルの同定により、原子スペクトル 165 本、一価のイオンスペクトル 381 本について明らかにした。これを用いてプラズマ温度、遷移確率、振動子強度の算出を試みた。

LIBS では、レーザー照射後、ブレイクダウンによりプラズマが発生し、そのプラズマは刻一刻と状態が変化する過渡現象を示す。しかし、ここでは観測遅延時間 $5\mu\text{s}$ 以降の観測時間幅 $10\mu\text{s}$ の間、観測している領域は局所熱平衡 (LTE: Local Thermodynamic Equilibrium) の状態であり粒子密度は Boltzmann 分布すると仮定し、プラズマ励起温度を求めた。局所熱平衡状態である時、エネルギーレベル U (Upper) から L (Lower)へのスペクトルの発光強度 I_{UL} はプラズマ励起温度 T と以下の関係で表される。

$$I_{UL} = \frac{hc g_U A_{UL} N}{4\pi \lambda_{UL} Z} \exp\left(-\frac{E_U}{kT}\right) \tag{2}$$

ここで、 h はプランク定数、 c は真空の光速、 g_U は上準位の縮退数、 A_{UL} は遷移確率、 λ_{UL} は波長、 N と Z は関与する原子あるいはイオンの数密度と分配関数、 E_U は上準位のエネルギーレベル、 k はボルツマン定数である。次にこの式の両辺の自然対数をとれば、

$$\ln\left(\frac{I_{UL} \lambda_{UL}}{g_U A_{UL}}\right) = -\frac{1}{kT} E_U + \ln\left(\frac{hc N}{4\pi Z}\right) \tag{3}$$

となる。但し、この式において右辺の第 2 項は N 、 Z を含むため、原子とイオンでは値が異なる。そこで、先に同定した原子スペクトル 165 本、一価のイオンスペクトル 381 本のデータを用いて原子とイオンのスペクトルについて別々に Boltzmann プロットを実施した。その結果を Fig 7 に示す。図の横軸が上準位のエネルギー、縦軸は(3)式の左辺であり、■がウラン原子、○が一価のウランイオンの Boltzmann プロットである。図中の実線はリニアフィットした直線、点線は 90%信頼限界、破線は 90%推定限界である。いずれも、ある程度のばらつきはあるものの直線でよくフィッティングされている。なお、この直線の Y 切片の違いは先に述べた(3)式右辺第 2 項の数密度 N と分配関数 Z の違いを示している。これらの直線の傾きからプラズマ励起温度として、ウラン原子に対して 4630K(4470~4800K)、一価のウランイオンに対して 4810K(4720~4910K)の値が得られた。次に、このプラズマ励起温度からそれぞれの遷移確率と振動子強度を逆算する。これにより、先に感度較正したスペクトル強度の確からしさを確認することができる。遷移確率は(3)式を使用してフィッティングした式(図中に示した直線の式)に、上準位のエネルギー、スペクトル強度、波長、縮退数を代入することによって得られる。一方、遷移確率 A_{UL} は振動子強度 f_{LU}

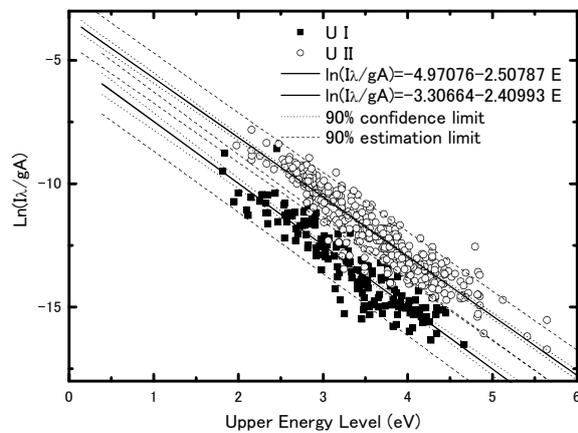


Fig 7 Boltzmann plots for U I and U II.

と次の関係が有る。

$$A_{UL} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{8\pi^2 e^2 (c/\lambda_{UL})^2}{mc^3} \frac{g_L}{g_U} f_{LU} \quad (4)$$

ここで、 ϵ_0 は真空の誘電率、 e は電気素量、 m は電子質量である。この式を用いて先に得られた遷移確率から振動子強度を求めることができる。これらの方法を用いて遷移確率と振動子強度を求めた。測定スペクトルより求めた振動子強度 ($\log(gf)$) と既知の値との相関を Fig 8 に示す。Fig 7 と同様、■がウラン原子、○が一価のウランイオンの振動子強度であり、それぞれの直線も先と同じである。横軸が CfA のデータベースの記されている既知の振動子強度で、縦軸が測定スペクトルとプラズマ励起温度から求めた振動子強度である。リニアフィットした直線は傾き 1 で、求めた振動子強度は既知の値と良い相関が取れていることが判った。また、振動子強度 $\log(gf)$ の既知の値からのずれの標準偏差は 0.27 となり、これは既知の振動子強度 gf に対して 0.6~1.9 倍程度の誤差に相当する。この誤差は $10\mu s$ という比較的長時間の観測時間幅の間、プラズマが局所熱平衡状態にあると仮定してプラズマ励起温度を求めた結果としては比較的妥当な値であると考えられる。

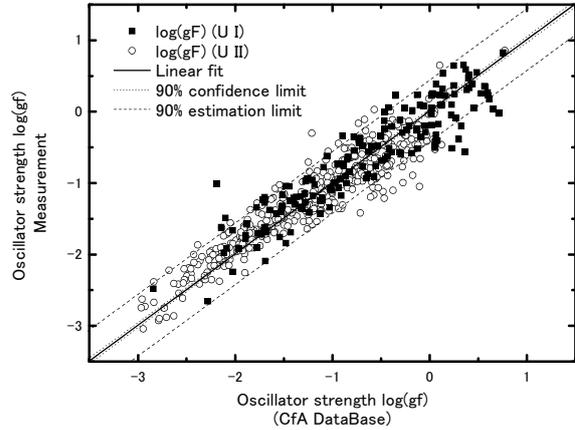


Fig 8 Correlation of oscillator strength

以上のように校正した測定スペクトルとそのデータの最終結果を付録に示す。

4. 結言

核燃料物質中に含まれる不純物の分析にレーザーブレイクダウン発光分光分析法を適用するために、母材となる複雑で密度が高い発光スペクトルを示す天然ウランのブレイクダウンスペクトルを測定し、250~750nm のスペクトルの全容を明らかにした。ウランのスペクトルに混在して現れる不純物のスペクトルを区別し、かつその存在量を分析するためには、スペクトル基準となる信頼性の高いウランの分光データが不可欠である。そこで、スペクトルの相対感度及び波長の校正を行うことにより、測定スペクトルの中からレーザーブレイクダウン分光分析に使用可能と思われる単独スペクトルとして、原子スペクトル 165 本、一価のイオンスペクトル 381 本を抽出し、ブレイクダウン分光データとしてまとめた。さらに、既存の分光データを基に、これらのスペクトルの同定を行い、エネルギー準位、振動子強度を明らかにすると共に、評価値が既存値と矛盾なく一致することを示し、本データの信頼性を確認した。

謝 辞

本報告書をまとめるにあたって多くの助言を頂きました、レーザー物質制御研究グループの大場弘則氏に深く感謝いたします。また使用したウラン試料をご提供くださった計画管理室の伊藤光雄氏、上野隆氏に感謝いたします。

本報告は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託事業として、日本原子力研究開発機構が実施した平成 19 年度「低除染 TRU 燃料の非破壊・遠隔分析技術開発」の成果です。

参考文献

- 1) Special issue for the LIBS. Spectrochim Acta, B 56 pp.565-1034 (2001)
- 2) Special issue for the LIBS. Spectrochim Acta, B 57 pp.1107-1247 (2002)
- 3) Special issue for the LIBS. Spectrochim Acta, B 60 pp.877-1242 (2005)
- 4) 義家亮: “レーザ誘起破壊プラズマ発光分析法と燃焼排ガス中ダストのオンサイト分析技術” まてりあ、43 p.201 (2004).
- 5) Ryo Yoshiie, Ai Kojima, Shigeyuki Uemiya, Makoto Nishimura, Shinji Kambara and Hiroshi Moritomi: “Monitoring of Volatile Cadmium in Flue Gas from the Waste Incineration Process Using LIBS”, J. Chem. Eng. Jpn. 38 p.528 (2005).
- 6) 毎田充宏、濱田智広、桑子彰: “レーザーブレイクダウン分光法による堆肥分析装置” 東芝レビュー Vol.60 No.11 p.45 (2005).
- 7) 安田剛大、葛谷幹夫: “レーザー誘起プラズマ発光分光分析法によるプラスチック中の鉛の定量” 分析化学 54 p.637 (2005).
- 8) S. Nakamura, Y. Ito, K. Sone, H. Hiraga and K. Kaneko: “Determination of an Iron Suspension in Water by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy with Two Sequential Laser Pulses”, Anal. Chem. 68 p.2981(1996).
- 9) 内田祐、桑子彰、小長井主税、前田克治: “ダブルパルスレーザー誘起ブレイクダウン分光法による水中ナトリウムの高感度検出” 分析化学 52 p.425 (2003).
- 10) 上田真三、田中知、長崎晋也、長谷川秀一、門信一郎、木村貴海 他: “地下水におけるコロイドの In-Situ レーザ計測に関する技術開発(平成 13~15 年度)” 革新的実用原子力技術開発費補助事業報告書.
- 11) 大高雅敏、林田均: “レーザー誘起ブレイクダウン分光法を用いたナトリウムエアロゾル検知に関する研究” サイクル機構技報 18 p.23 (2003).
- 12) P. Fichet, P. Mauchien and C. Moulin: “Spectrosc.Determination of impurities in uranium and plutonium dioxides by laser-induced breakdown”, Ap.l. spectroscopy, 53 p.1111_(1999).
- 13) W. Pietsch, A. Petit, A. Briand: “Isotope ratio determination of uranium by optical emission spectroscopy on a laser-produced plasma - basic investigations and analytical results”, Spectrochim Acta, B 53 p.751 (1998).
- 14) Coleman A. Smith, Max A. Martinez, D. Kirk Veirs and David A. Cremers: “Pu-239/Pu-240 isotope ratios determined using high resolution emission spectroscopy in a laser-induced plasma”,

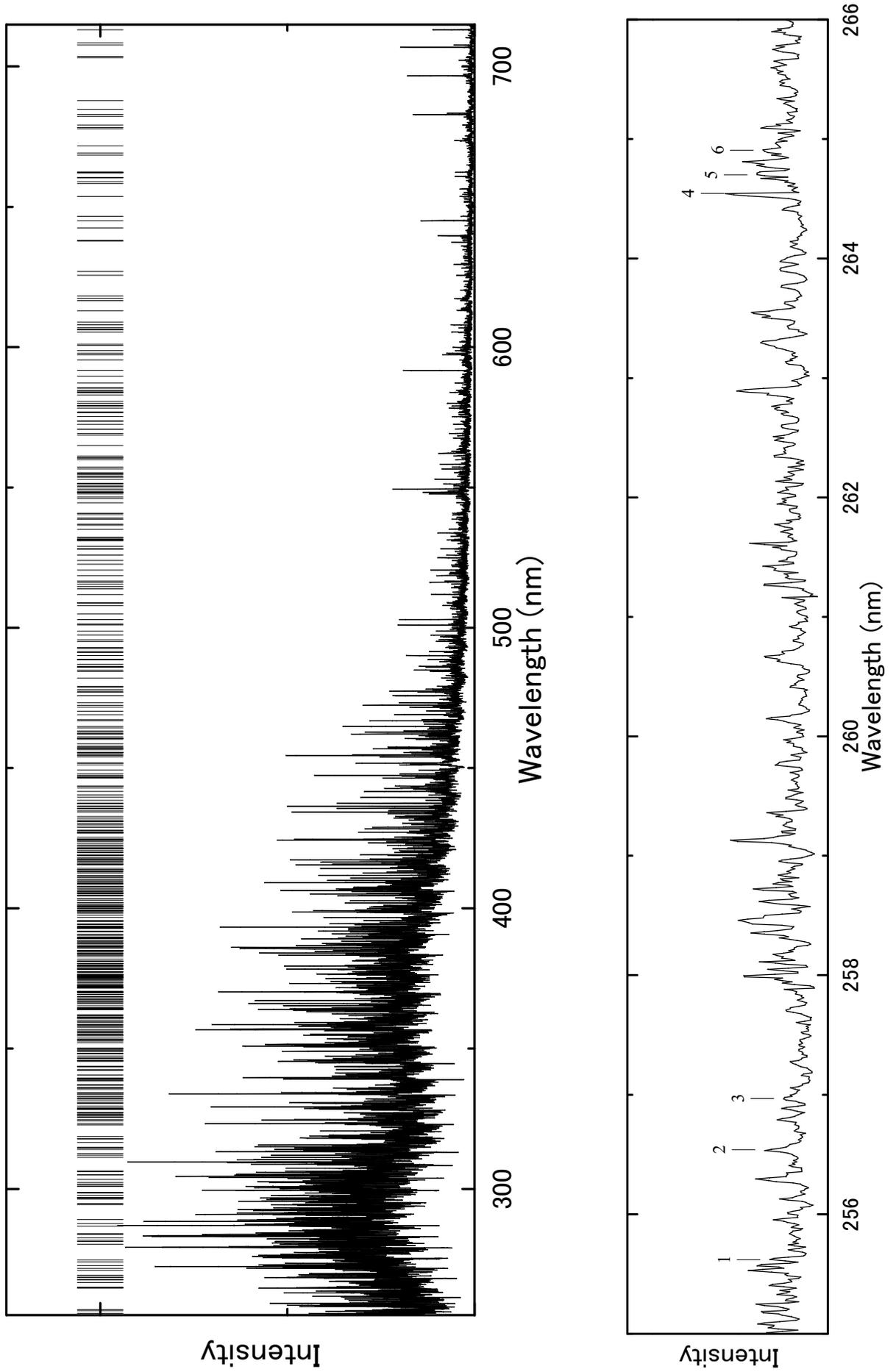
Spectrochim Acta, B 57 p.929 (2002).

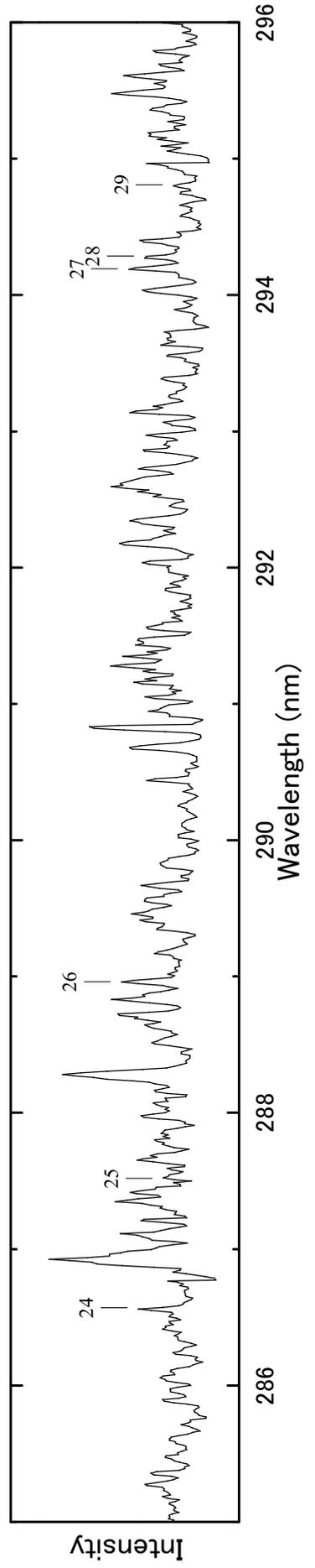
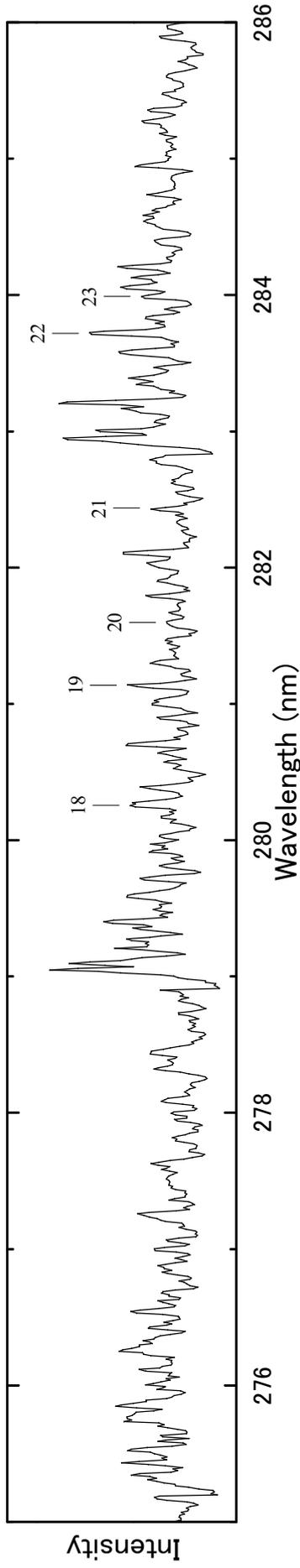
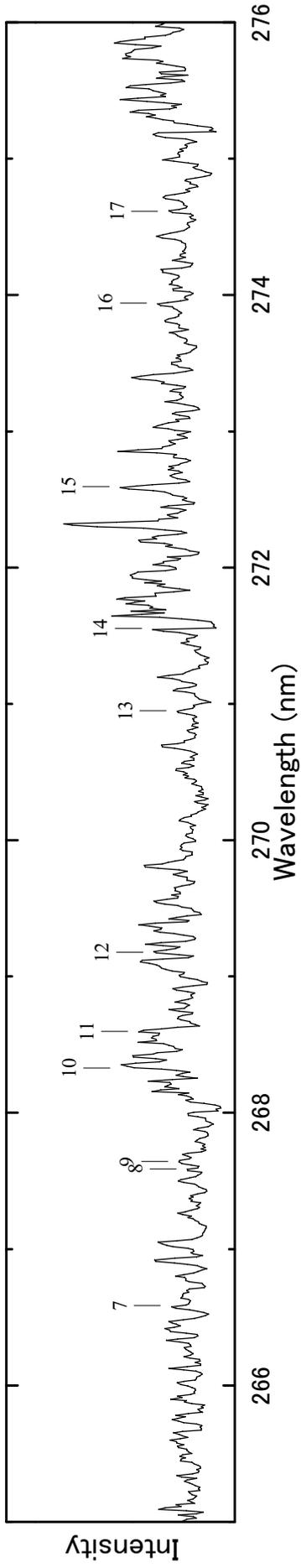
- 15) 若井田育夫、赤岡克昭、大場正規、宮部昌文、丸山庸一郎、仁木秀明: “レーザー光を用いた核燃料物質の非接触分析技術開発; (1) ブレークダウン分光とアブレーション共鳴分光 (研究開発の目的と概要)” 日本原子力学会 2008 年春の年会 予稿集 E-11
- 16) 大場正規、丸山庸一郎、赤岡克昭、宮部昌文、若井田育夫: “レーザー光を用いた核燃料物質の非接触分析技術開発; (2) ブレークダウン発光特性とレーザー二重照射の効果” 日本原子力学会 2008 年春の年会 予稿集 E-12
- 17) 赤岡克昭、丸山庸一郎、大場正規、宮部昌文、若井田育夫: “レーザー光を用いた核燃料物質の非接触分析技術開発; (3) ガドリニウムに添加した不純物のブレークダウン発光分光分析” 日本原子力学会 2008 年春の年会 予稿集 E-13
- 18) 宮部昌文、大場正規、赤岡克昭、丸山庸一郎、若井田育夫: “レーザー光を用いた核燃料物質の非接触分析技術開発; (4) アブレーション共鳴吸収分光によるガドリニウム同位体の識別” 日本原子力学会 2008 年春の年会 予稿集 E-14
- 19) 赤岡 克昭、丸山 庸一郎、大場 正規、宮部 昌文、若井田 育夫: “ガドリニウムに添加した銅のレーザーブレークダウン発光分光分析(受託研究)” JAEA-Research 2008-081
- 20) 赤岡 克昭、丸山 庸一郎、大場 正規、宮部 昌文、音部 治幹、若井田 育夫: ”酸化ウランに添加した不純物のブレークダウン発光分光分析”日本原子力学会 2008 年秋の大会 予稿集 O13
- 21) 赤岡 克昭、丸山 庸一郎、大場 正規、宮部 昌文、音部 治幹、若井田 育夫: ”LIBS によるウラン酸化物中の不純物測定法の開発”東北大学金属材料研究所ワークショップ 「素材産業に関係する新しい分析・解析技術」
- 22) Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics: (online) “CFA Scientific Divisions: AMP: Databases” <http://cfa-www.harvard.edu/amp/ampdata/kurucz23/sekur.html> (accessed 2009/06/01)

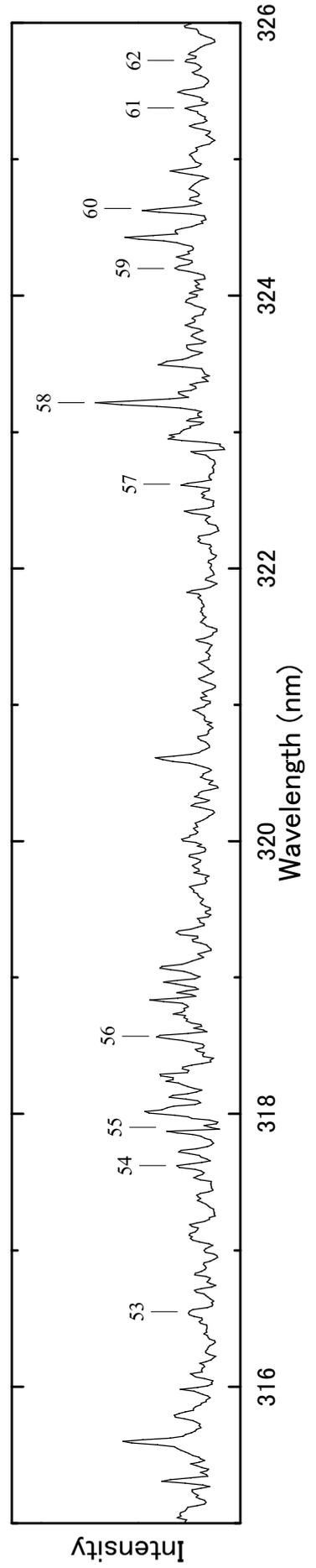
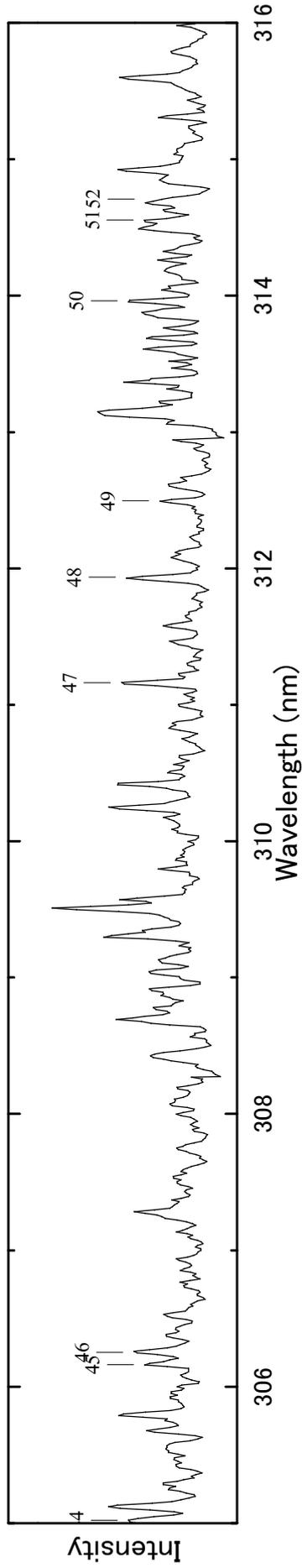
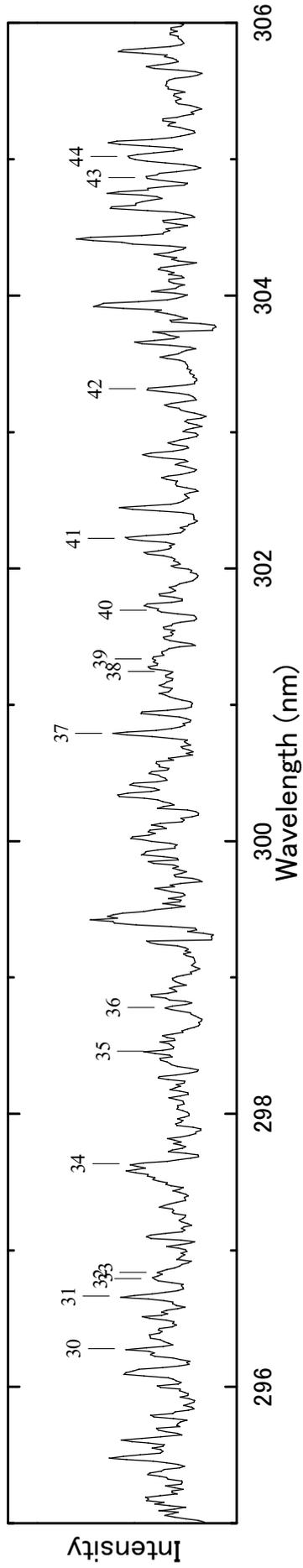
Appendix

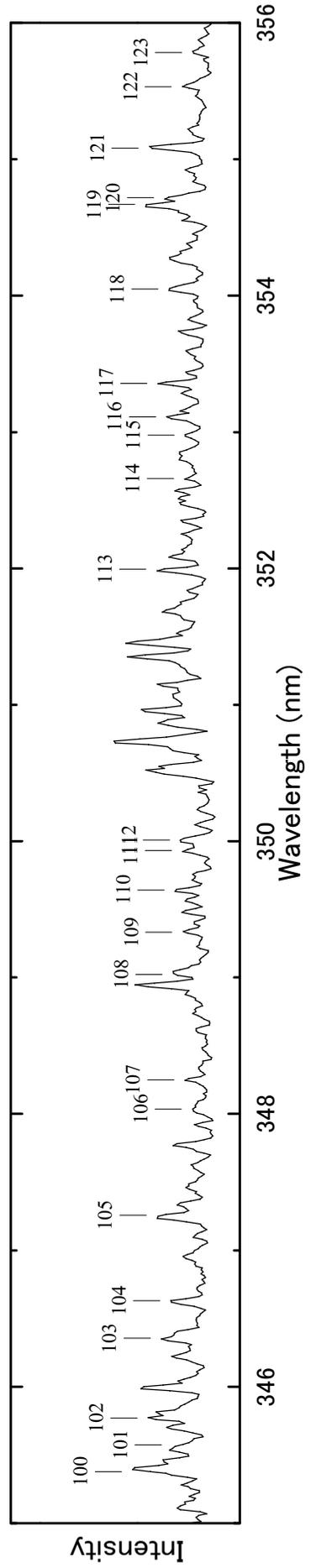
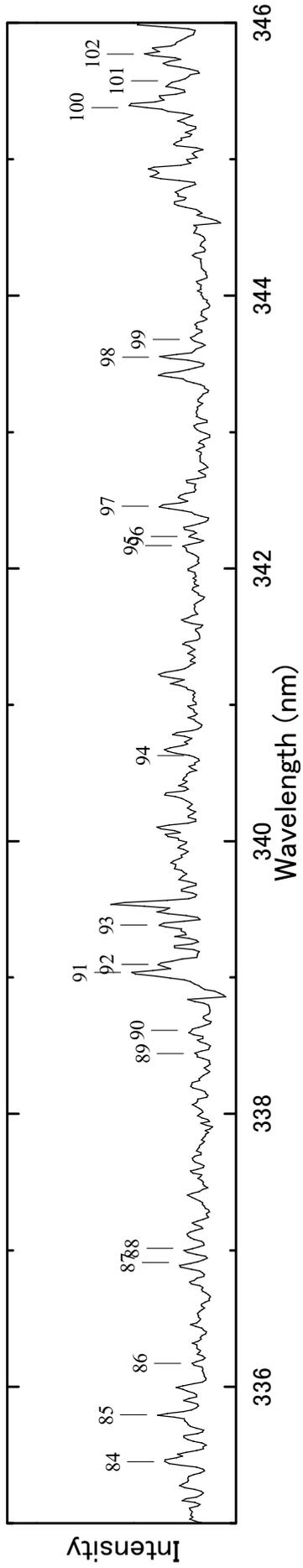
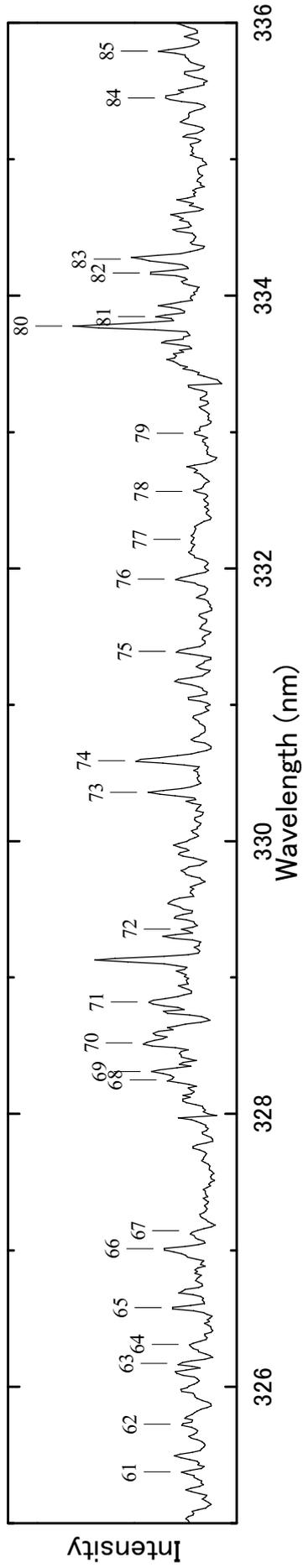
不純物スペクトルとウランスペクトルの分離区別に必要である測定したウランの全スペクトルを付録 1 に、分析に使用可能と思われる単独でエネルギーレベルが既知のスペクトルのうち同定できたスペクトルデータとして、原子スペクトル 165 本、一価のイオンスペクトル 381 本を付録 2 に示した。なお、付録 1 の横軸は(1)式で波長較正した波長で示してあり、縦軸は感度較正したスペクトル強度である。また、スペクトルの指標の数字は付録 2 のデータ番号に一致している。また、付録 2 には観測波長と感度較正したスペクトル強度の他、算出した遷移確率と振動子強度を記載し、同定に用いたデータベースと共に記載した。

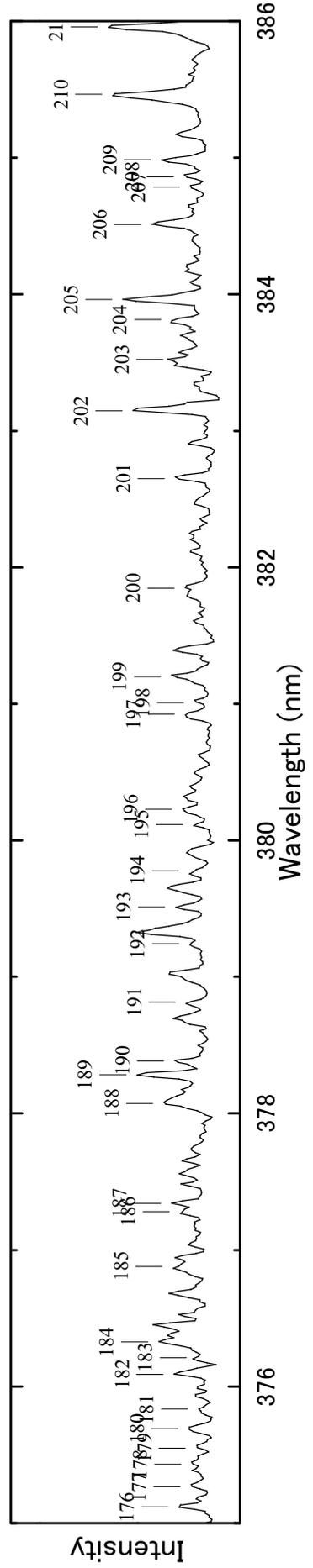
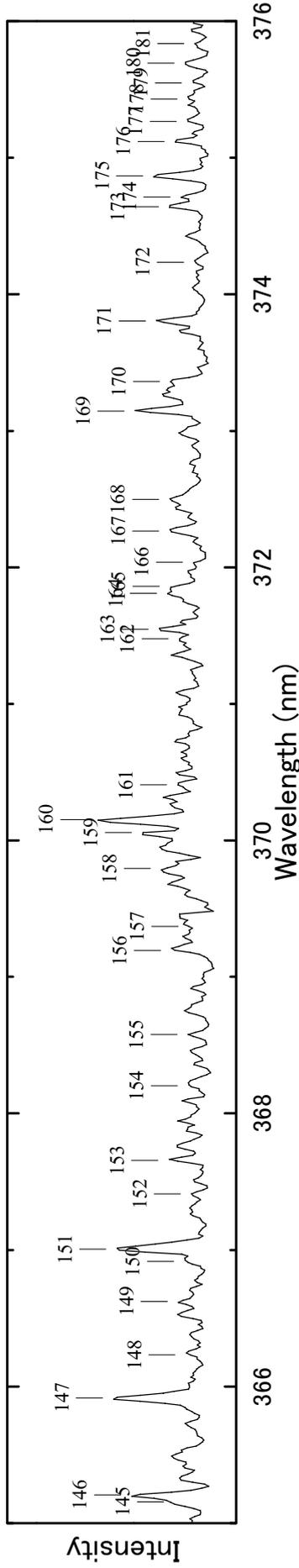
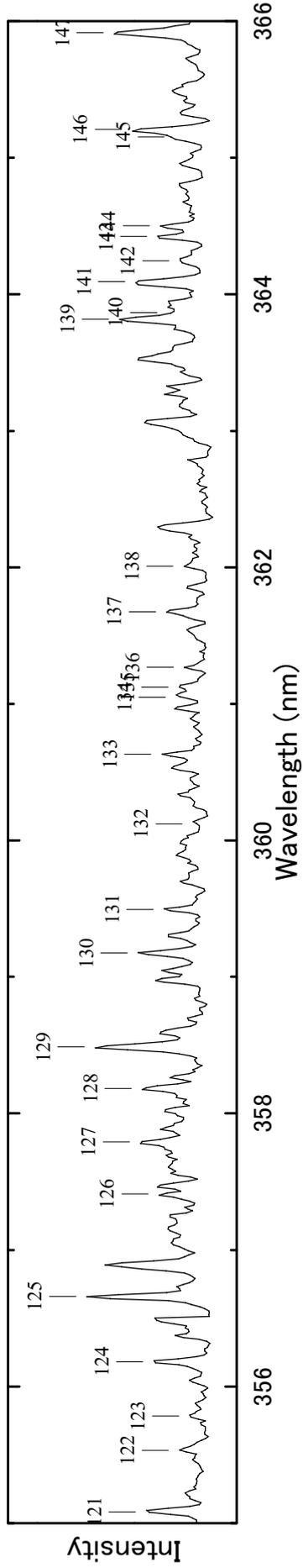
Appendix-1 Measured spectra of Uranium

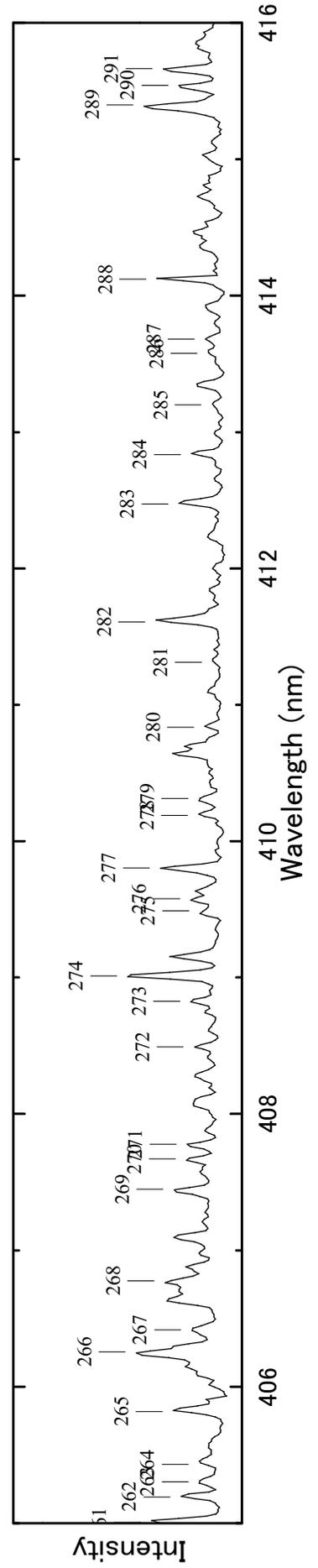
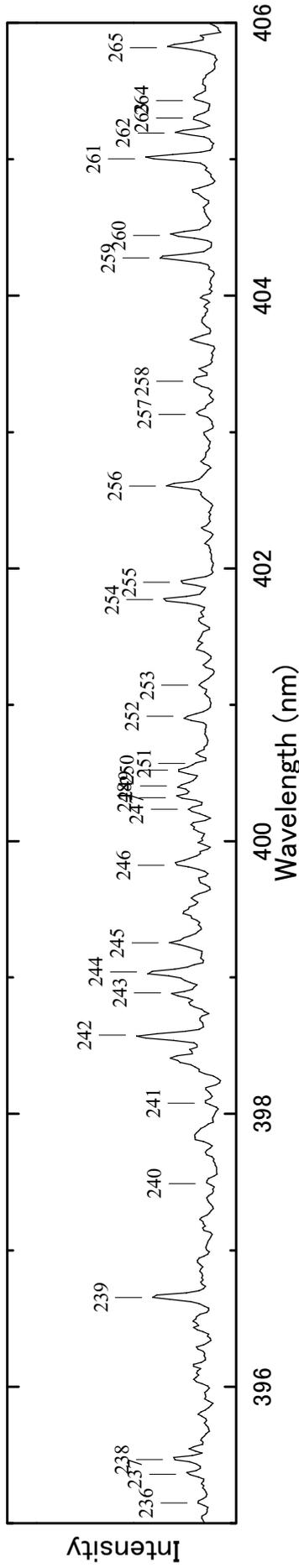
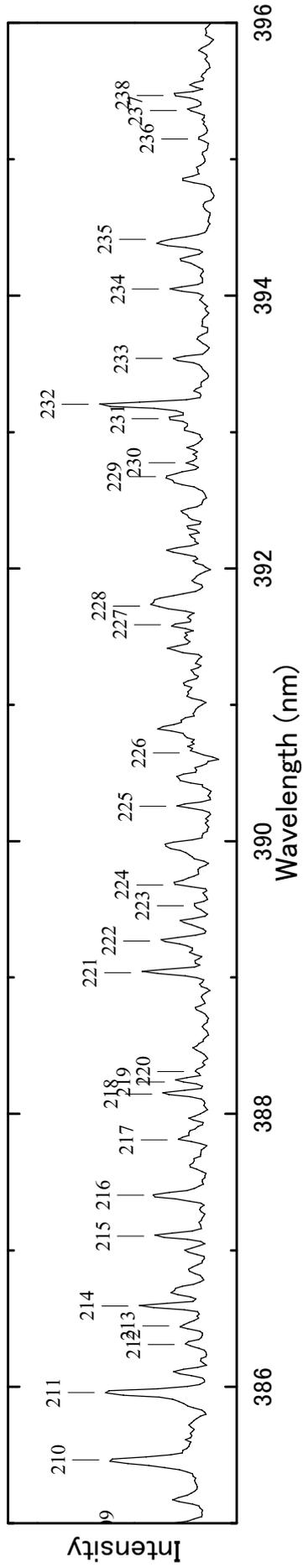


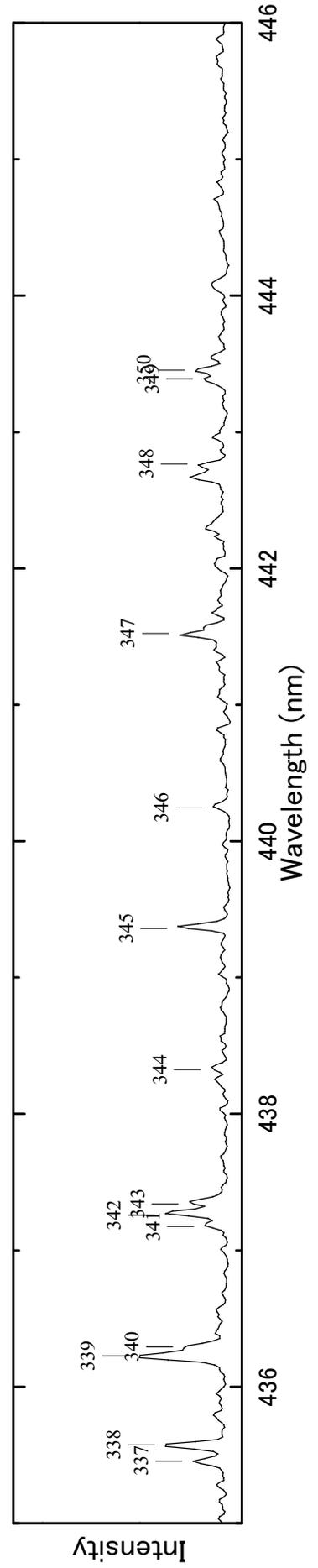
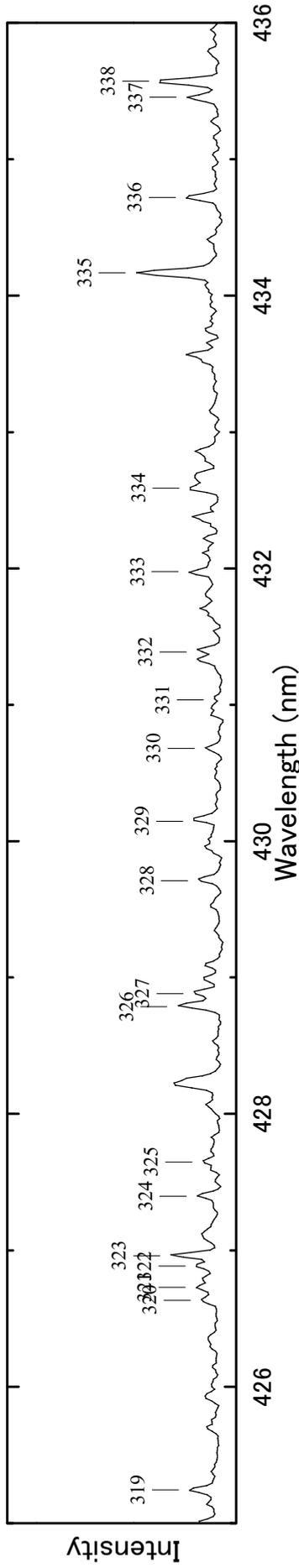
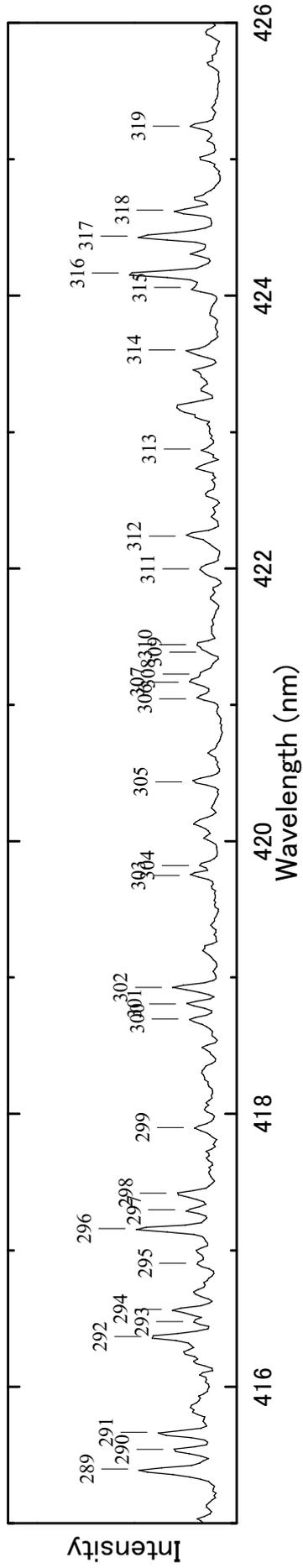


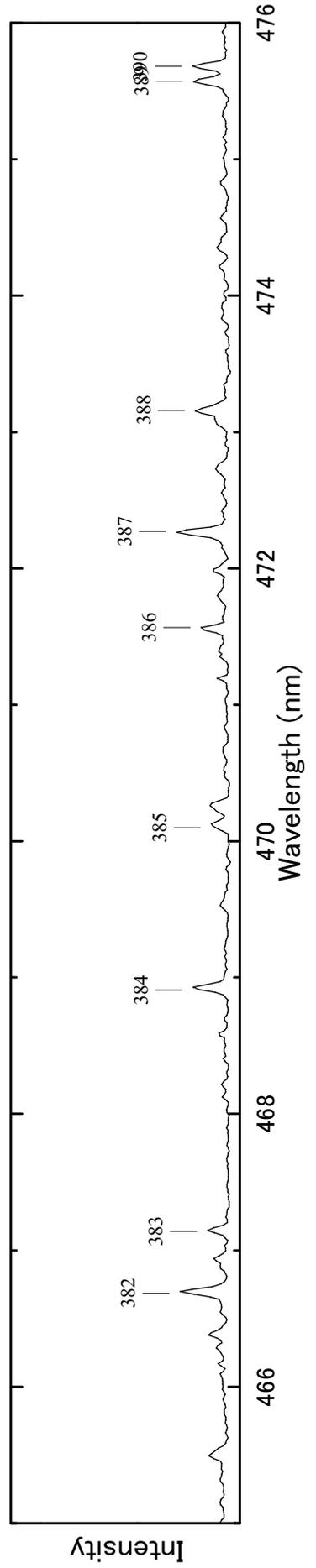
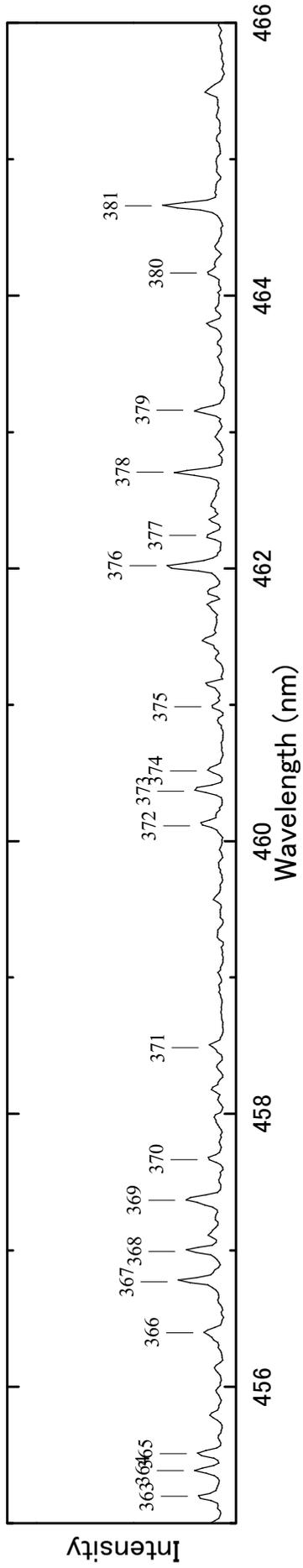
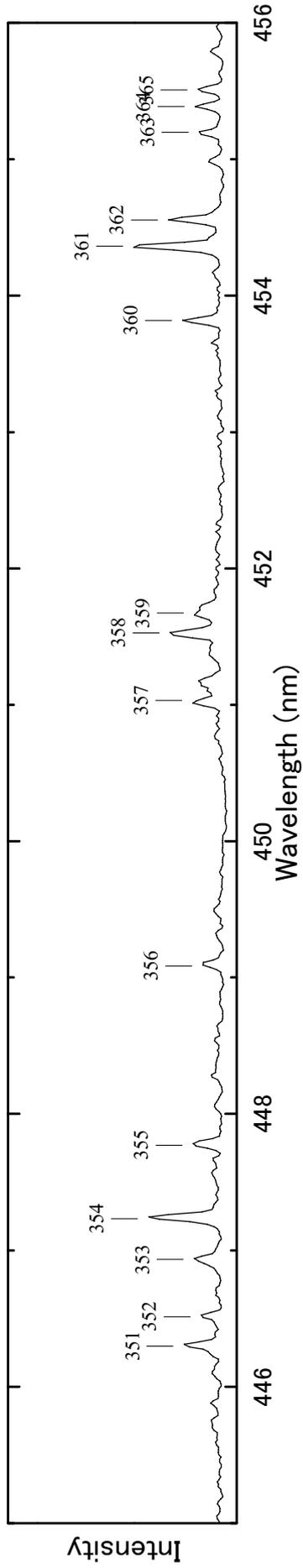


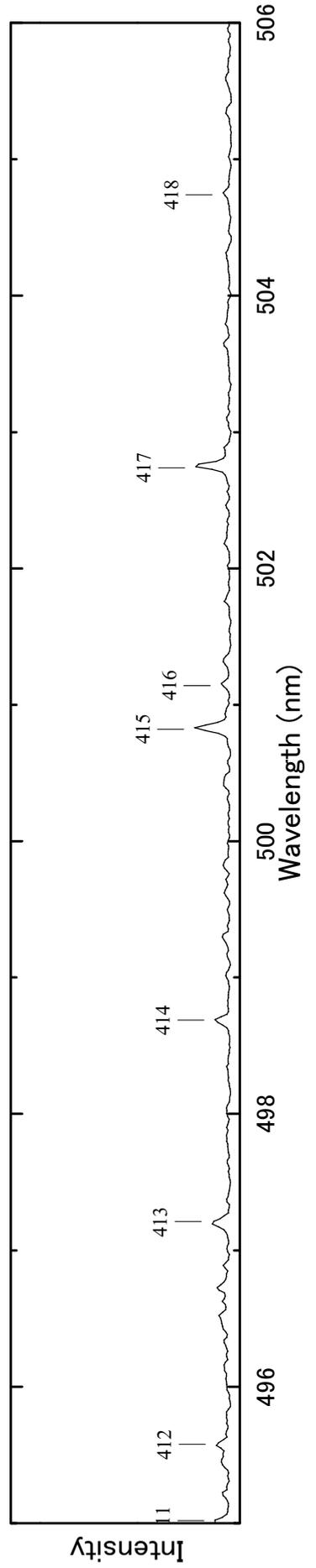
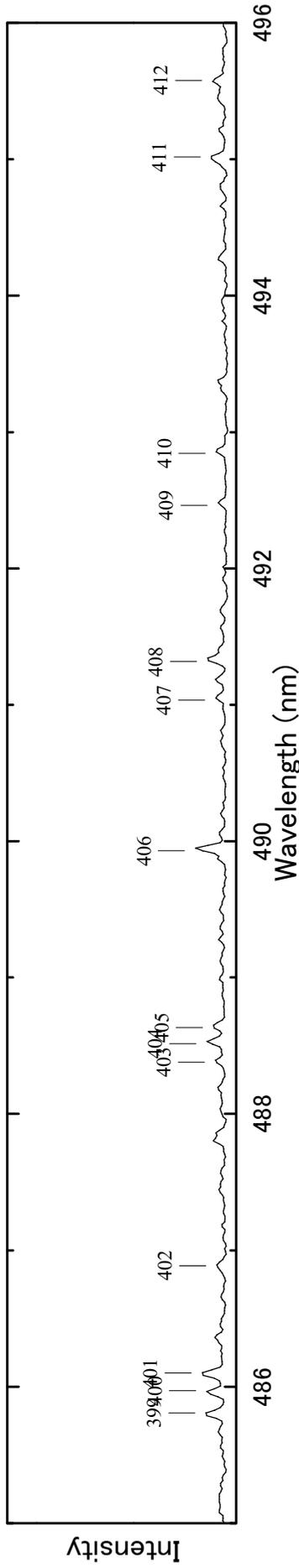
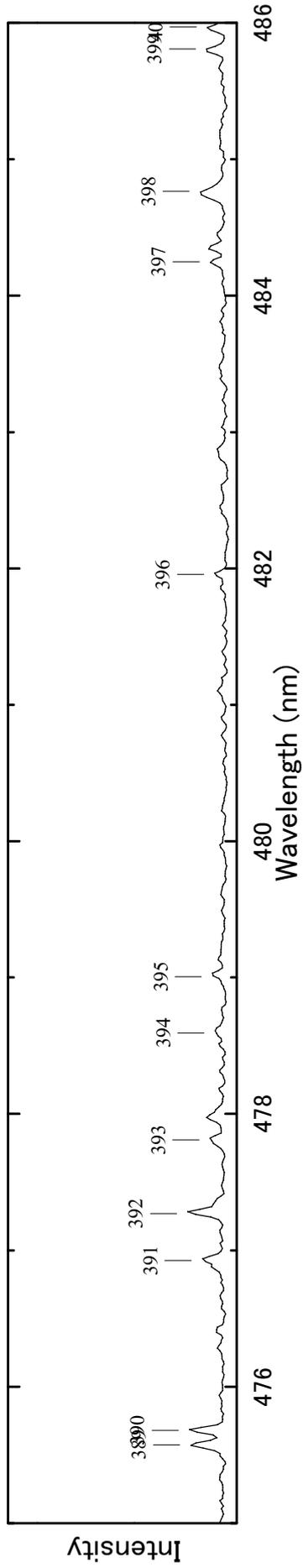


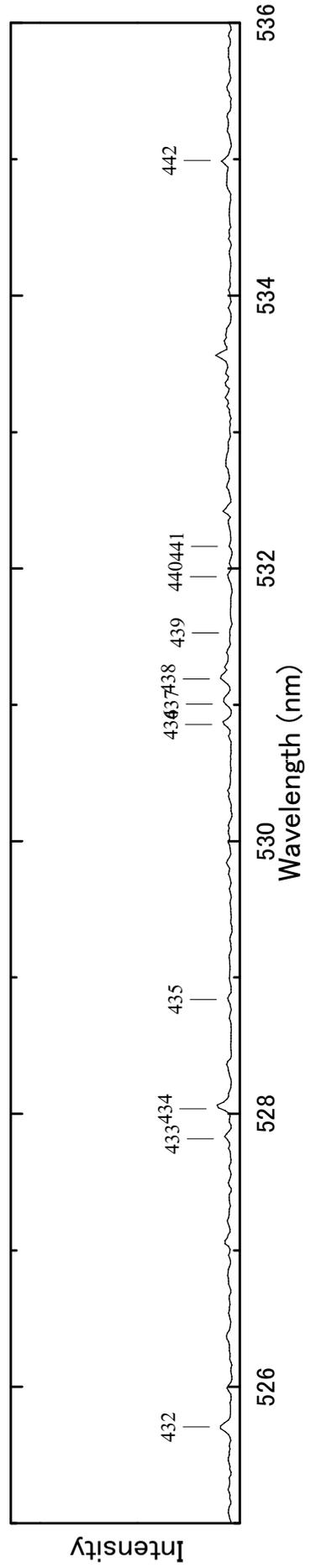
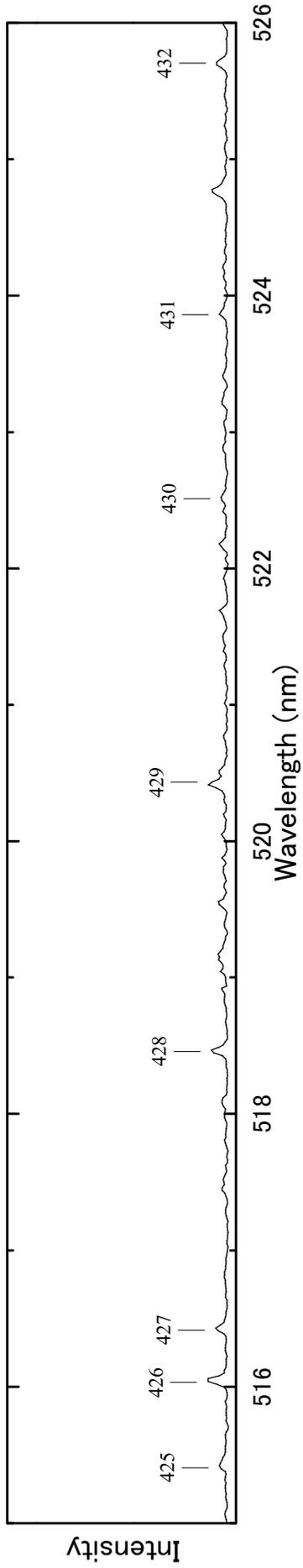
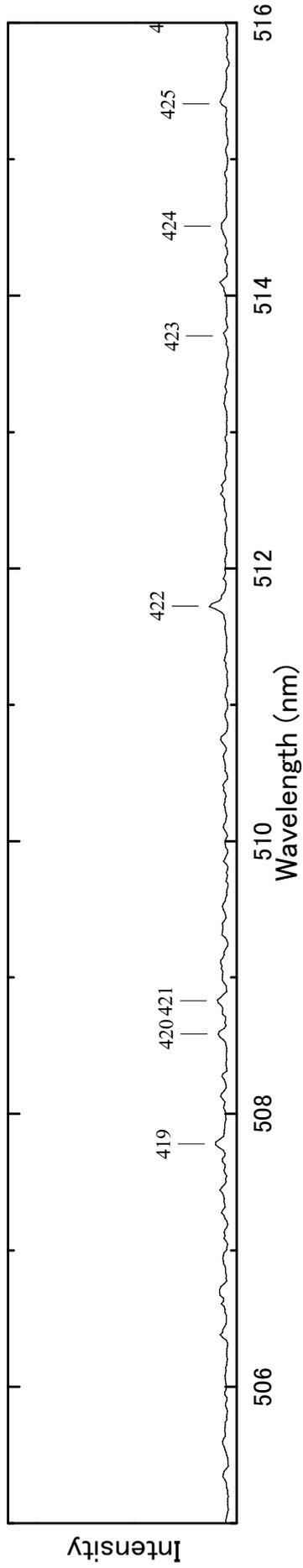


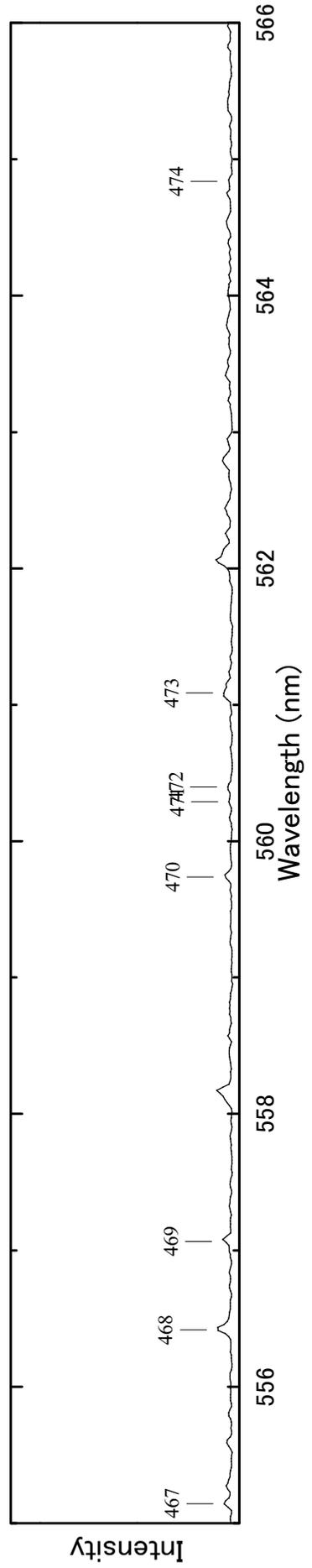
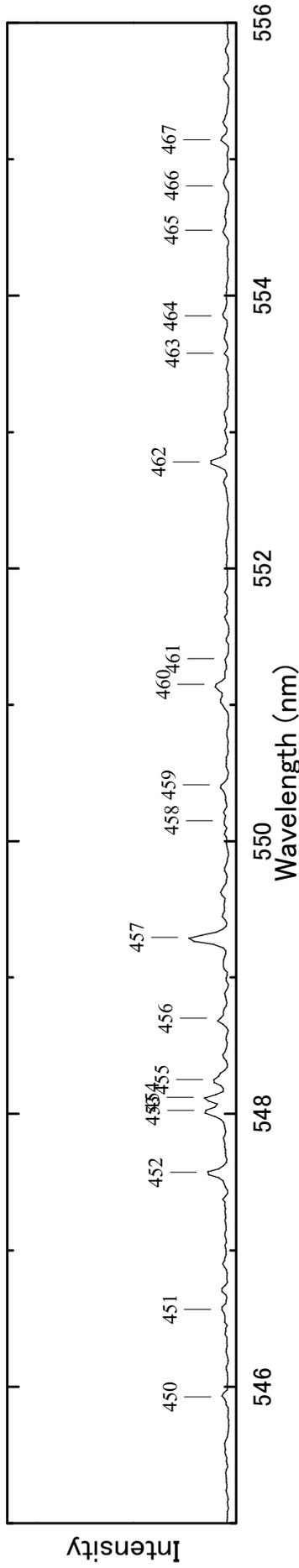
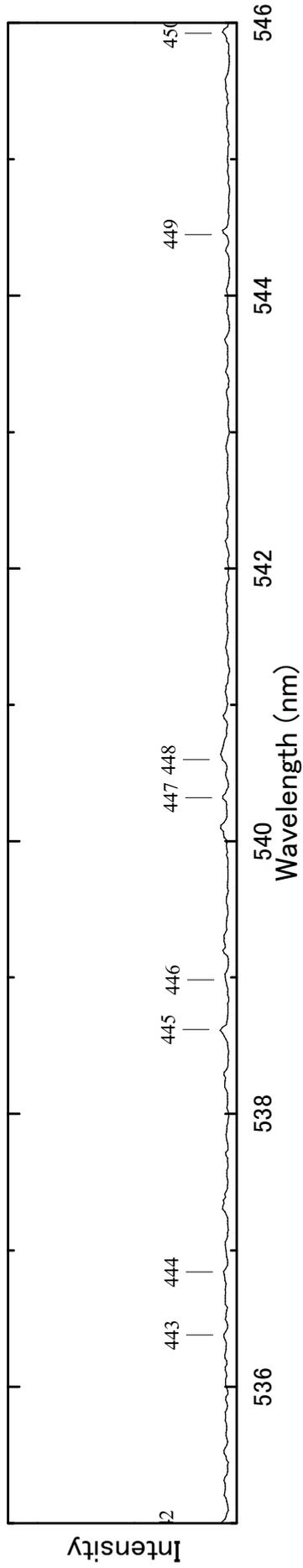


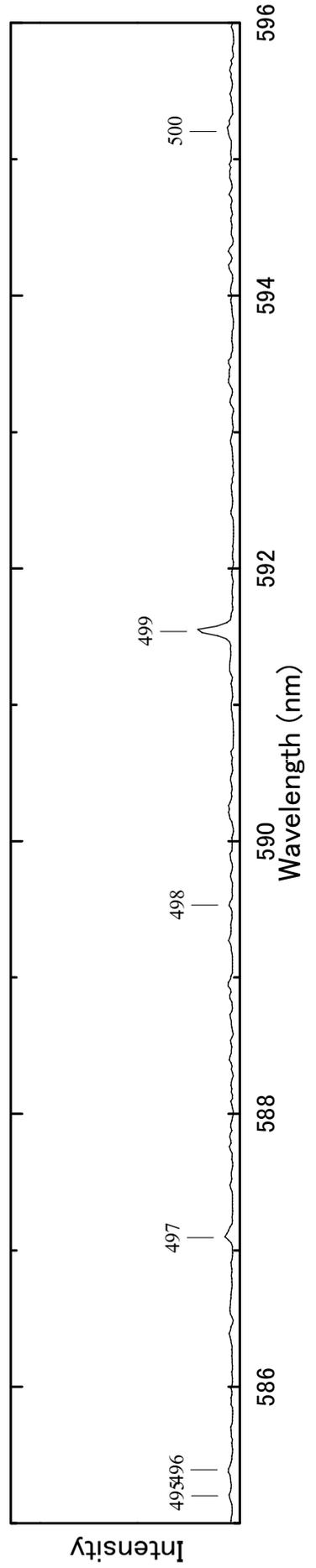
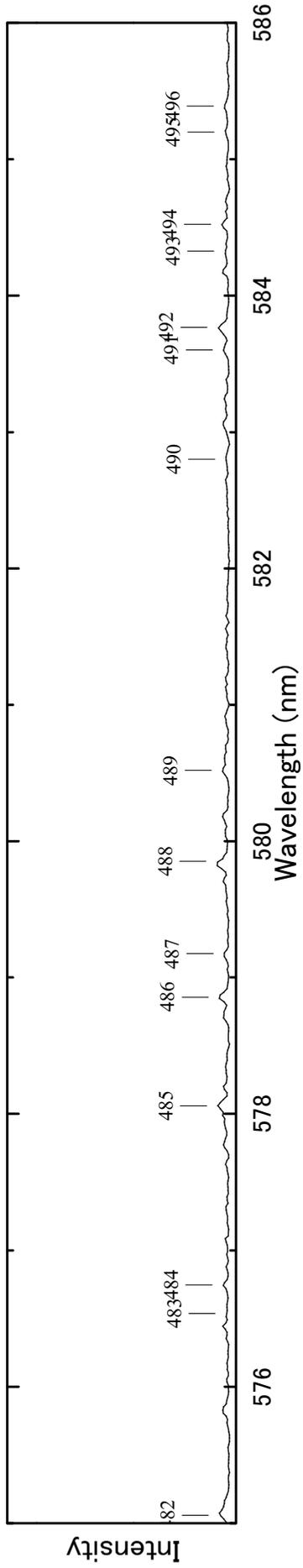
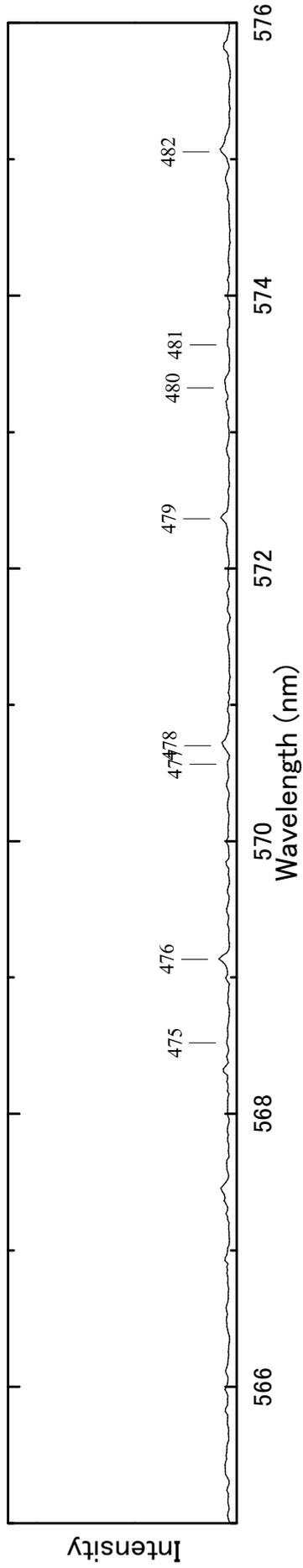


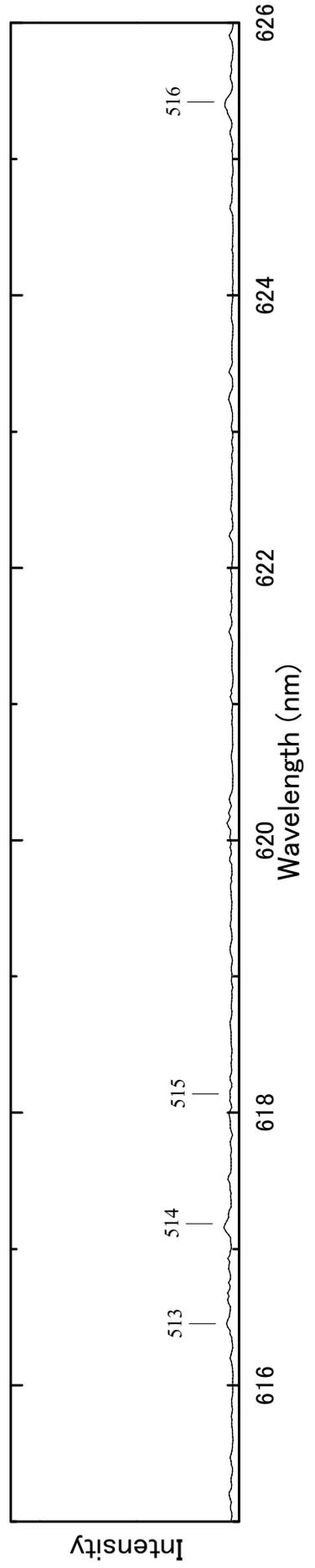
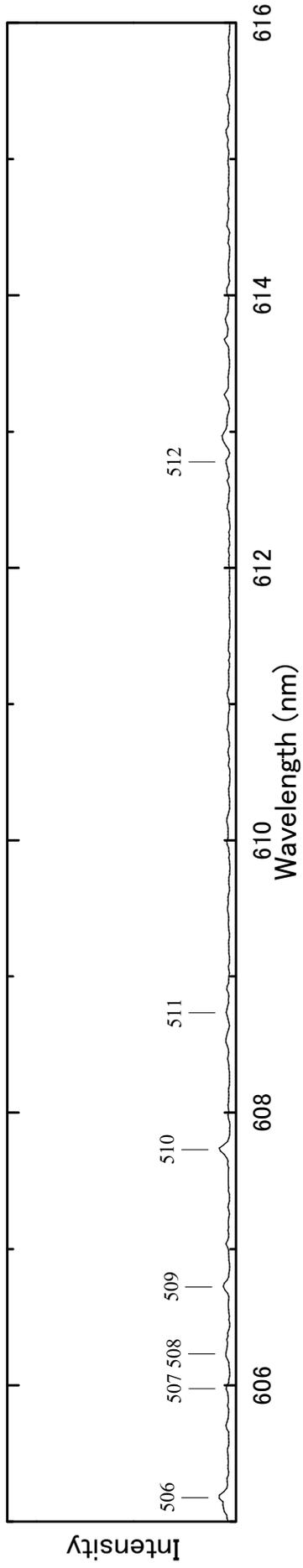
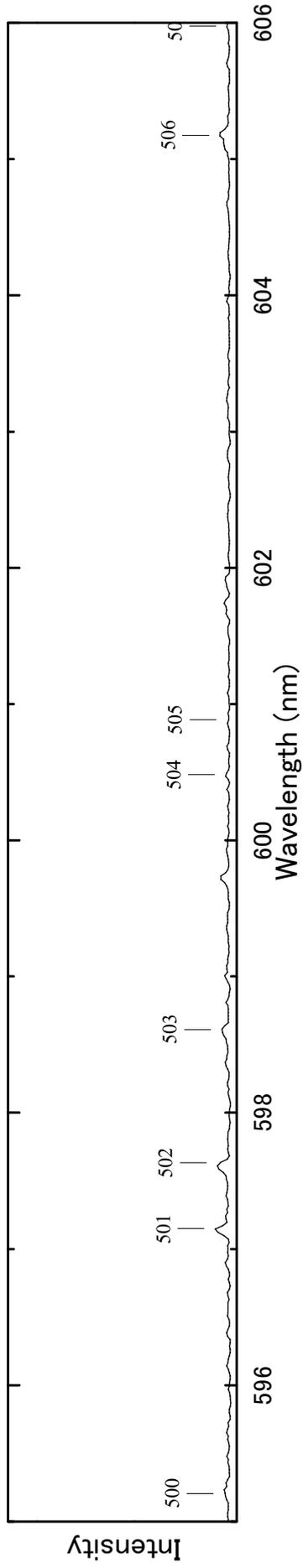


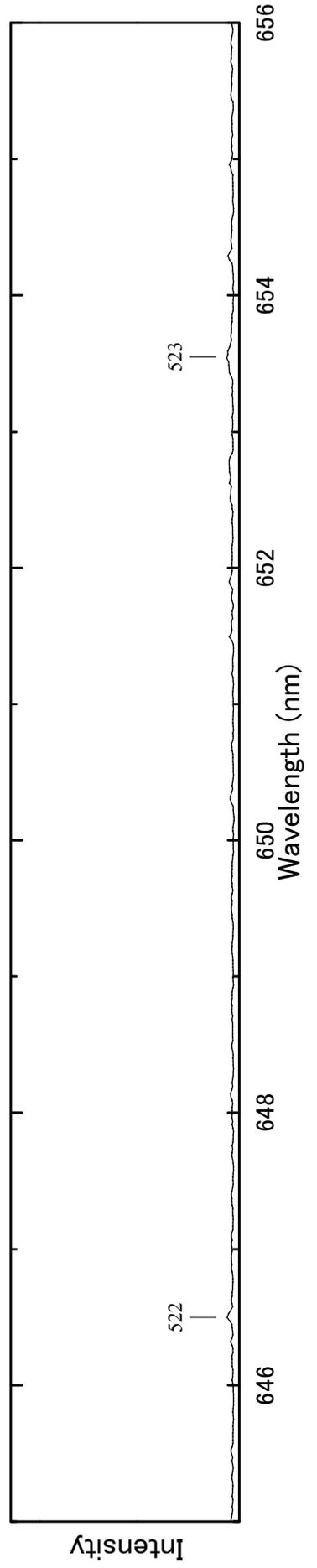
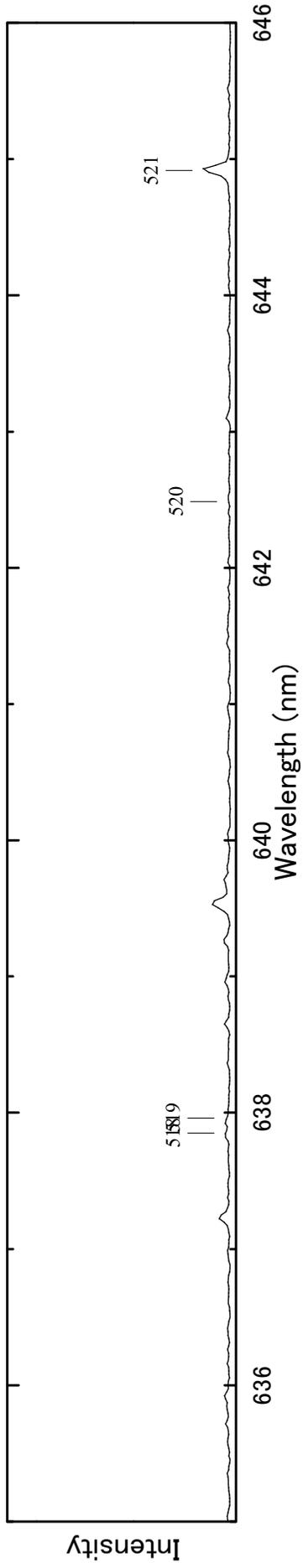
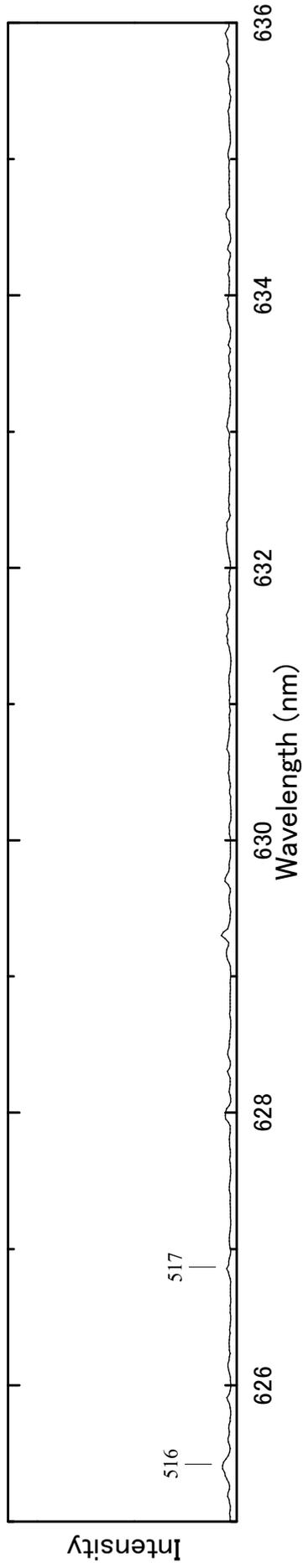


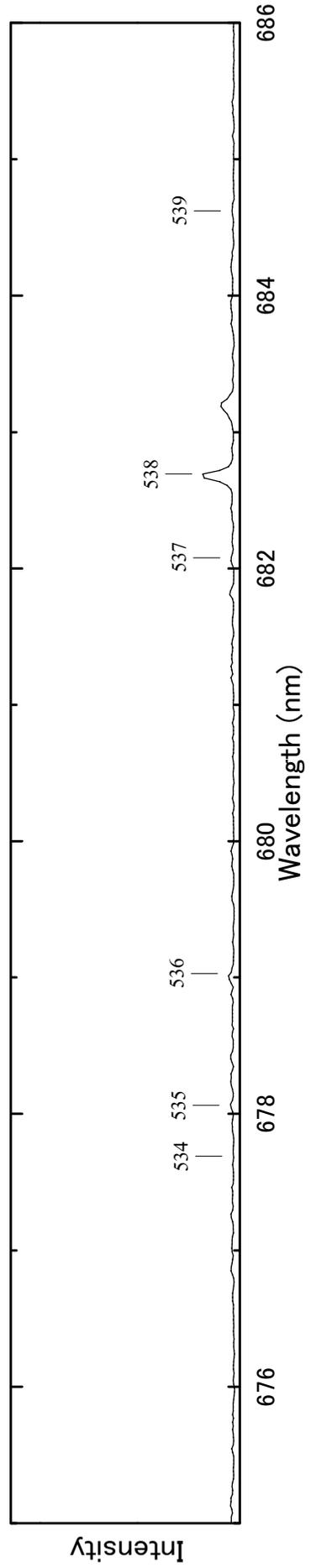
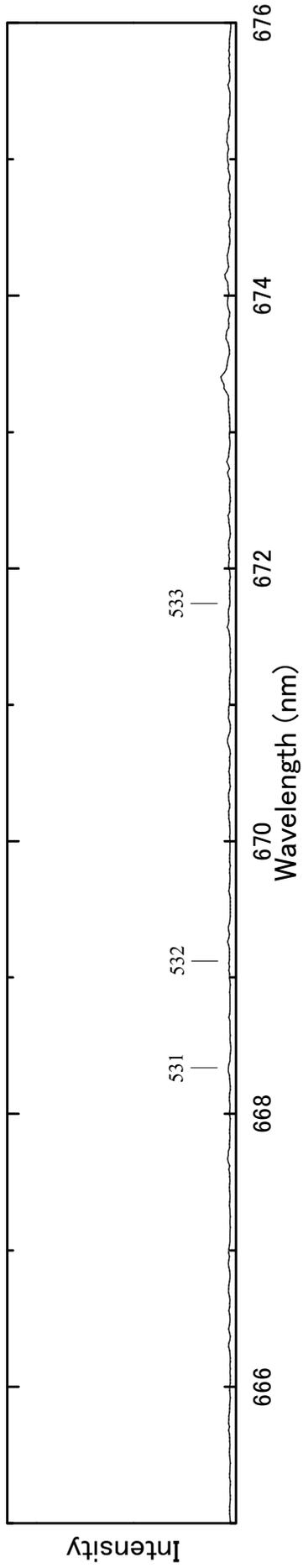
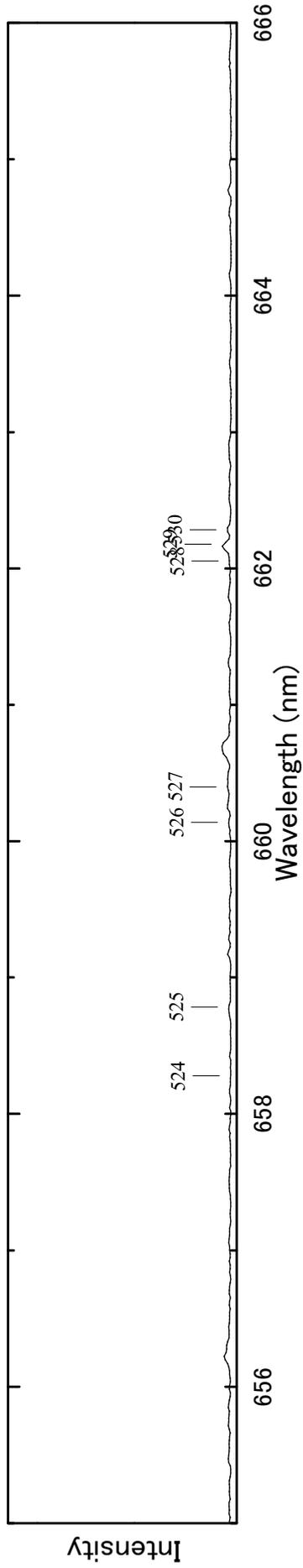


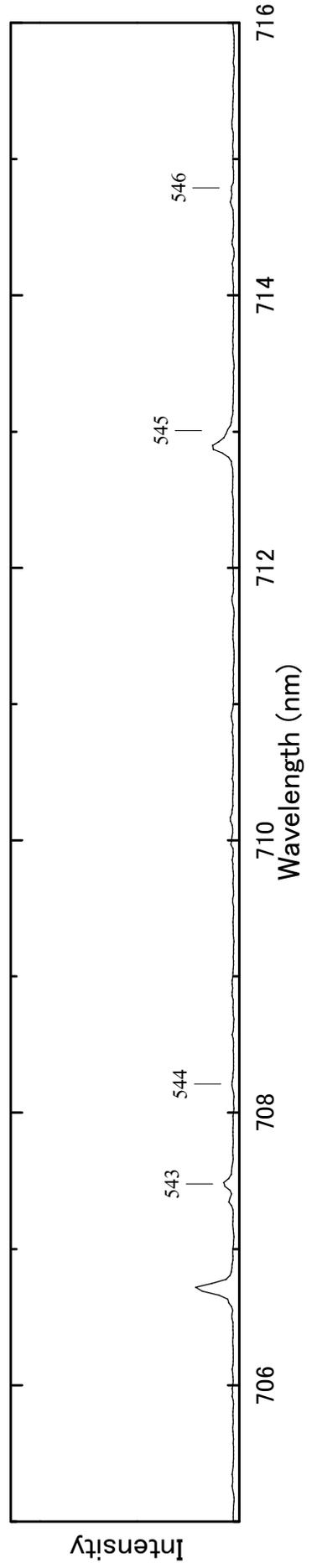
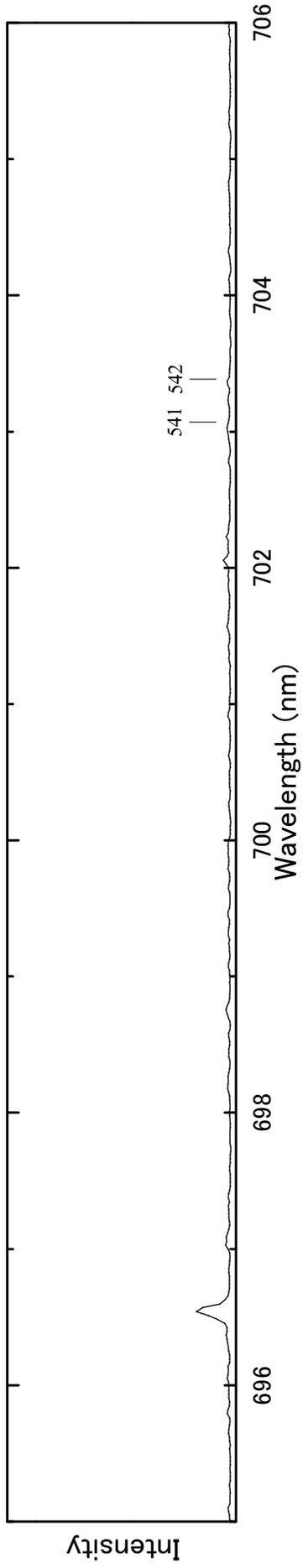
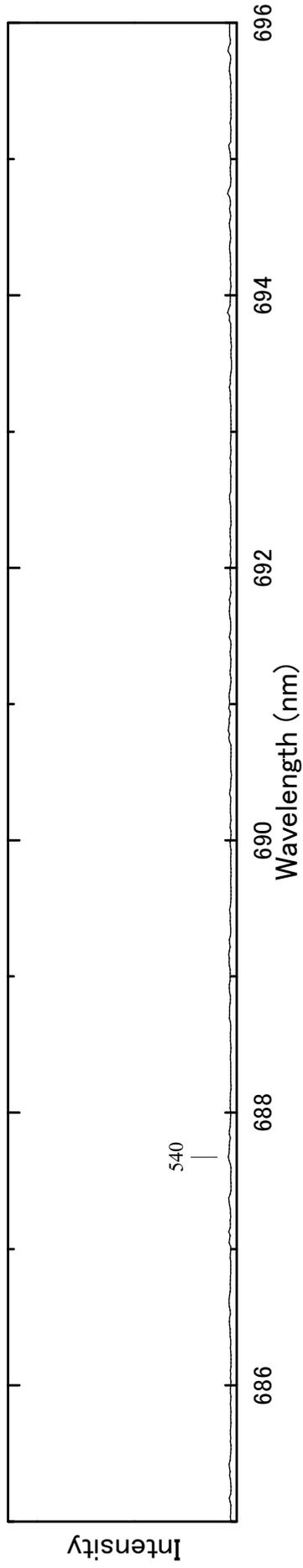












Appendix-2 Identified spectra data of Uranium

"CFA Scientific Divisions: AMP: Databases ⁽²⁾ "																
Measurement																
No	Wave length (nm)	Intensity	log(gf)	A (1/s)	Wave length (nm)	log(gf)	A (1/s)	Element	Configuration	Upper Energy Level (cm ⁻¹)	Lower Energy Level (cm ⁻¹)	Upper Energy (eV)	Configuration	Lower Energy (eV)	J	Configuration
1	255.686	0.630	-0.211	4.354E+07	255.6192	-0.318	4.088E+07	U II	4.5 f3s2 *4I	39108.957	0.000	4.85	4.5 f3s2 *4I	0.000	5.5	
2	256.597	0.689	-0.186	4.585E+07	256.5407	-0.118	6.432E+07	U II	4.5 f3s2 *4I	38968.484	0.000	4.83	4.5 f3s2 *4I	0.000	5.5	
3	257.031	0.471	-0.534	4.614E+07	256.9708	-0.236	7.328E+07	U II	4.5 f3s2 *4I	38903.266	0.000	4.82	4.5 f3s2 *4I	0.000	3.5	
4	264.601	1.053	-0.194	6.094E+07	264.5472	-0.194	6.093E+07	U II	4.5 f3s2 *4I	37789.184	0.000	4.69	4.5 f3s2 *4I	0.000	4.5	
5	264.771	0.782	-0.303	7.396E+07	264.7017	-1.212	7.299E+06	U II	4.5 f3d2 *6K	38681.891	914.758	4.80	4.5 f3d2 *6K	0.11	3.5	
6	264.976	0.708	-0.413	4.407E+07	264.9064	-0.437	3.473E+07	U II	5.5 f3d2 *6L	38026.987	289.036	4.72	5.5 f3d2 *6L	0.04	4.5	
7	266.645	0.599	-0.508	3.497E+07	266.5863	-0.856	1.307E+07	U II	5.5 f3d2 *6L	37789.184	289.036	4.69	5.5 f3d2 *6L	0.04	4.5	
8	267.654	0.437	-0.456	3.166E+07	267.5876	-0.575	2.064E+07	U II	6.5 f3d2 *6L	39108.957	1749.123	4.85	6.5 f3d2 *6L	0.22	5.5	
9	267.708	0.526	0.278	1.261E+08	267.6416	0.208	1.073E+08	U II	6.5 f3ds *4L	43635.738	6283.434	5.41	6.5 f3ds *4L	0.78	6.5	
10	268.422	1.119	0.856	4.749E+08	268.3282	0.773	3.921E+08	U II	6.5 f3ds *4I	45533.457	8276.729	5.65	6.5 f3ds *4I	1.03	6.5	
11	268.662	0.936	-0.139	6.523E+07	268.5976	-0.270	4.135E+07	U II	6.5 f3d2 *6L	38968.484	1749.123	4.83	6.5 f3d2 *6L	0.22	5.5	
12	269.252	0.782	0.647	3.330E+08	269.1781	0.105	8.369E+07	U II	7.5 f3d2 *6M	45533.457	8394.362	5.65	7.5 f3d2 *6M	1.04	6.5	
13	271.016	0.542	0.006	7.678E+07	270.9506	-0.403	2.992E+07	U II	5.5 f3s2 *4I	41317.031	4420.872	5.12	5.5 f3s2 *4I	0.55	5.5	
14	271.613	0.796	-0.110	5.845E+07	271.5534	-0.670	1.611E+07	U II	5.5 f3d2 *6K	39108.957	2294.692	4.85	5.5 f3d2 *6K	0.28	5.5	
15	272.656	1.128	0.028	7.974E+07	272.5936	-0.569	2.017E+07	U II	5.5 f3d2 *6K	38968.484	2294.692	4.83	5.5 f3d2 *6K	0.28	5.5	
16	274.004	0.745	-0.363	2.360E+07	273.9390	-0.713	1.229E+07	U II	5.5 f3d2 *6L	36782.715	289.036	4.56	5.5 f3d2 *6L	0.04	6.5	
17	274.687	0.629	-0.264	2.632E+07	274.6159	-0.659	1.211E+07	U II	6.5 f3d2 *6L	38152.852	1749.123	4.73	6.5 f3d2 *6L	0.22	7.5	
18	280.325	1.037	-0.442	3.682E+07	280.2559	-0.075	7.141E+07	U II	5.5 f3d2 *6L	35960.195	289.036	4.46	5.5 f3d2 *6L	0.04	4.5	
19	281.210	1.065	-0.114	3.546E+07	281.1383	-0.383	2.182E+07	U II	6.5 f3d2 *6L	37308.328	1749.123	4.63	6.5 f3d2 *6L	0.22	7.5	

20	281.675	0.664	-0.505	1.608E+07	281.5986	-0.799	9.539E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	35790.125	4.44	6.5
21	282.501	0.826	-0.487	2.269E+07	282.4365	-0.447	2.488E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	35684.812	4.42	5.5
22	283.795	1.453	-0.176	5.527E+07	283.7193	-0.419	3.156E+07	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	36150.499	4.48	4.5
23	284.060	0.924	-0.456	2.408E+07	283.9892	-0.392	2.793E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	35491.293	4.40	5.5
24	286.634	0.987	-0.416	2.165E+07	286.5681	-0.131	5.003E+07	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	34885.480	4.33	5.5
25	287.596	0.728	-0.439	2.036E+07	287.5194	-0.673	1.427E+07	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	35684.812	4.42	5.5
26	289.033	1.159	-0.414	2.564E+07	288.9623	-0.027	6.252E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	34885.480	4.33	5.5
27	294.263	1.085	0.239	7.296E+07	294.1916	0.597	1.903E+08	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	39508.266	4.90	7.5
28	294.346	0.921	-0.411	2.076E+07	294.2851	-0.651	1.433E+07	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	34885.480	4.33	5.5
29	294.876	0.627	-0.744	1.152E+07	294.8089	-0.633	1.488E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	34199.398	4.24	5.5
30	296.347	1.090	-0.397	2.963E+07	296.2785	-0.620	1.518E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	35491.293	4.40	5.5
31	296.732	1.144	-0.421	2.874E+07	296.6663	-0.726	1.423E+07	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	34612.820	4.29	4.5
32	296.876	0.818	-0.582	1.213E+07	296.7936	-0.420	2.055E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	33972.648	4.21	6.5
33	296.912	0.766	-0.517	1.596E+07	296.8399	-0.877	8.368E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	34593.117	4.29	5.5
34	297.704	1.046	-0.484	1.511E+07	297.6351	-0.579	1.417E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	33877.422	4.20	6.5
35	298.519	0.790	-0.354	2.028E+07	298.4611	-0.229	3.155E+07	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	35790.125	4.44	6.5
36	298.854	0.685	-0.747	1.116E+07	298.7798	-0.972	6.637E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	33748.738	4.18	5.5
37	300.867	1.221	0.182	1.402E+08	300.7915	-0.006	9.083E+07	U II	5667.334	0.70	3.5 f3ds *4H	38903.266	4.82	3.5
38	301.293	0.680	-0.707	8.823E+06	301.2443	-1.248	2.964E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	33475.012	4.15	6.5
39	301.415	0.816	-0.160	4.233E+07	301.3373	-0.340	2.796E+07	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	37596.613	4.66	5.5
40	301.768	0.764	-0.606	1.765E+07	301.6954	-0.588	1.576E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	34885.480	4.33	5.5
41	302.304	1.095	-0.330	1.867E+07	302.2211	-0.256	2.530E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	34827.852	4.32	7.5
42	303.385	0.873	-0.497	1.649E+07	303.3179	-0.375	2.182E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	34708.242	4.30	6.5
43	304.951	0.882	0.317	9.694E+07	304.8645	0.135	7.529E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	33412.245	4.14	6

44	305.100	1.064	-0.654	1.588E+07	305.0197	-0.531	2.110E+07	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	32775.230	4.06	4.5	
45	306.238	0.901	-0.453	1.370E+07	306.1618	-0.428	1.659E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	34402.101	4.27	7.5	
46	306.337	1.010	-0.462	1.752E+07	306.2537	-0.292	2.592E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	34392.305	4.26	6.5	
47	311.245	1.137	-0.457	1.718E+07	311.1618	-0.147	3.506E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	33877.422	4.20	6.5	
48	312.009	1.087	-0.028	4.017E+07	311.9349	0.014	4.422E+07	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	37308.328	4.63	7.5	
49	312.572	0.742	-0.763	1.179E+07	312.4952	-0.415	2.625E+07	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	32905.980	4.08	4.5	
50	314.034	1.067	0.005	6.843E+07	313.9606	0.053	7.641E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	37558.357	4.66	4.5	f4p *
51	314.634	0.902	-0.040	3.359E+07	314.5566	-0.009	4.124E+07	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	37308.328	4.63	7.5	
52	314.762	0.894	0.226	7.372E+07	314.7094	0.020	5.421E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	32386.473	4.02	6	
53	316.621	0.483	-0.807	8.657E+06	316.5506	-0.769	9.436E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	33876.082	4.20	5.5	
54	317.701	0.602	-0.733	6.683E+06	317.6206	-0.656	9.119E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	33224.125	4.12	7.5	
55	317.955	0.705	-0.847	5.741E+06	317.9034	-1.026	4.438E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	31736.041	3.94	6.5	
56	318.658	0.780	-0.629	8.441E+06	318.5698	-0.763	7.085E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	33130.348	4.11	7.5	
57	322.694	0.559	-0.975	6.789E+06	322.6175	-0.948	7.219E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	31902.266	3.96	4.5	
58	323.297	1.439	-0.650	1.191E+07	323.2156	-0.577	1.408E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	31219.211	3.87	5.5	
59	324.286	0.623	-0.940	7.279E+06	324.1992	-0.998	6.372E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	31751.090	3.94	4.5	
60	324.708	0.960	-0.838	7.664E+06	324.6386	-1.078	4.404E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	31083.633	3.85	5.5	
61	325.458	0.519	-0.327	2.060E+07	325.3765	-0.585	1.364E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	36441.214	4.52	5.5	f4p *
62	325.799	0.517	-1.074	3.681E+06	325.7241	-1.589	1.349E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	30691.978	3.81	5.5	
63	326.246	0.552	-0.843	4.923E+06	326.1715	-0.791	6.337E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	32399.006	4.02	7.5	
64	326.390	0.435	-0.348	2.161E+07	326.3122	-0.500	1.523E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	30636.668	3.80	6	
65	326.666	0.610	-0.890	5.590E+06	326.5792	-0.827	7.757E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	31526.381	3.91	5.5	
66	327.098	0.696	-0.997	5.233E+06	327.0122	-0.795	8.328E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	30860.121	3.83	5.5	
67	327.203	0.430	-0.447	1.782E+07	327.1448	-0.938	7.184E+06	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	35960.195	4.46	4.5	

68	328.327	0.665	-0.985	4.449E+06	328.2480	-1.307	2.543E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	30455.992	3.78	5.5
69	328.394	0.828	-0.851	8.720E+06	328.3102	-1.093	4.992E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	31364.986	3.89	4.5
70	328.595	0.908	-0.646	7.636E+06	328.5223	-0.809	5.993E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	32179.693	3.99	7.5
71	328.903	0.856	-0.921	6.158E+06	328.8208	-0.809	7.976E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	30691.978	3.81	5.5
72	329.439	0.517	-0.372	2.804E+07	329.3558	-0.726	1.050E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	30353.563	3.76	5
73	330.443	0.863	-0.930	5.978E+06	330.3597	-1.001	5.078E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	30550.356	3.79	5.5
74	330.670	0.988	-0.546	1.062E+07	330.5890	-0.178	2.892E+07	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	32535.023	4.03	6.5
75	331.471	0.569	-1.119	3.843E+06	331.3932	-1.009	4.955E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	30455.992	3.78	5.5
76	332.004	0.579	0.250	1.539E+08	331.9228	0.030	9.262E+07	U I	3868.486	0.48	3 d7s2 *5H	33987.309	4.21	3
77	332.271	0.417	-0.703	8.543E+06	332.2118	-0.608	1.064E+07	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	34678.055	4.30	6.5
78	332.657	0.395	-1.245	2.379E+06	332.5642	-1.339	2.301E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	30060.730	3.73	5.5
79	333.083	0.385	-0.974	3.905E+06	332.9922	-0.774	7.226E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	32316.787	4.01	6.5
80	333.862	1.631	-0.681	1.041E+07	333.7785	-0.897	6.321E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	30240.410	3.75	5.5
81	333.930	0.782	-0.840	6.007E+06	333.8455	-1.236	2.895E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	30860.121	3.83	5.5
82	334.244	0.837	-0.646	8.259E+06	334.1663	-0.602	1.066E+07	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	32211.314	3.99	6.5
83	334.366	1.031	-0.636	7.544E+06	334.2679	-0.850	5.267E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	31656.644	3.93	7.5
84	335.537	0.680	-0.892	9.110E+06	335.4502	-0.823	8.905E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	32096.809	3.98	4.5
85	335.876	0.753	-1.032	4.581E+06	335.7930	-1.071	4.184E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	30060.730	3.73	5.5
86	336.257	0.402	-1.126	5.295E+06	336.1722	-1.083	4.873E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	32032.803	3.97	4.5
87	336.976	0.530	-0.351	2.012E+07	336.9099	-0.780	7.497E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	29673.004	3.68	6
88	337.084	0.484	-0.646	1.082E+07	337.0131	-0.822	6.316E+06	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	34923.570	4.33	6.5
89	338.533	0.374	-1.355	2.141E+06	338.4444	-1.178	3.219E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	29827.506	3.70	5.5
90	338.681	0.435	-1.211	3.580E+06	338.6133	-1.103	4.586E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	30438.496	3.77	4.5
91	339.125	1.020	-0.087	6.444E+07	339.0377	0.269	1.197E+08	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	30107.101	3.73	4

92	339.180	0.750	0.233	8.803E+07	339.0963	-0.126	3.336E+07	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	33282.510	4.13	6
93	339.471	0.741	-0.884	9.063E+06	339.3874	-0.819	8.780E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	31751.090	3.94	4.5
94	340.662	0.372	-1.293	2.926E+06	340.6269	-1.116	4.399E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	30263.975	3.75	4.5
95	342.250	0.496	-0.131	2.924E+07	342.1694	-0.212	2.912E+07	U II	8379.702	1.04	4.5 f3ds *	37596.613	4.66	5.5
96	342.319	0.437	-0.556	1.267E+07	342.2349	-1.045	5.131E+06	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	34612.820	4.29	4.5
97	342.540	0.737	-0.843	4.464E+06	342.4557	-0.605	8.822E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	30941.607	3.84	7.5
98	343.642	0.734	-0.334	2.811E+07	343.5491	0.063	5.936E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	29099.578	3.61	5
99	343.779	0.419	-0.646	1.195E+07	343.6780	-0.838	1.024E+07	U II	4706.277	0.58	2.5 f3ds *6H	33794.945	4.19	3.5
100	345.482	1.049	-0.164	3.067E+07	345.3781	-0.732	1.036E+07	U II	5667.334	0.70	3.5 f3ds *4H	34612.820	4.29	4.5
101	345.637	0.641	-0.927	3.616E+06	345.5744	-1.009	3.417E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	30678.168	3.80	7.5
102	345.862	0.890	-0.420	2.063E+07	345.7712	-0.422	1.758E+07	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	34439.328	4.27	5.5
103	346.439	0.755	-0.187	3.285E+07	346.3548	0.020	5.290E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	29484.185	3.66	5
104	346.720	0.656	-0.406	2.388E+07	346.6301	0.079	6.050E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	28840.936	3.58	5
105	347.324	0.796	-0.831	6.800E+06	347.2562	-1.157	3.209E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	31083.633	3.85	5.5
106	348.124	0.433	0.254	8.975E+07	348.0364	0.533	1.707E+08	U I	5762.078	0.71	5 d7s2 *3I	34486.486	4.28	5
107	348.335	0.512	-1.168	3.633E+06	348.2490	-0.574	1.222E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	30455.992	3.78	5.5
108	349.133	0.632	-1.044	3.435E+06	349.0232	-1.051	4.055E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	29557.951	3.66	5.5
109	349.427	0.530	-0.695	8.995E+06	349.3333	-0.392	1.582E+07	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	33877.422	4.20	6.5
110	349.721	0.613	-0.974	3.164E+06	349.6414	-0.691	6.942E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	30341.670	3.76	7.5 f3dp 6M
111	350.014	0.535	-0.955	3.696E+06	349.9324	-0.970	4.167E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	30863.463	3.83	6.5
112	350.084	0.555	-0.504	1.834E+07	350.0076	0.058	5.654E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	28562.634	3.54	5
113	352.072	0.798	-0.963	4.071E+06	351.9955	-0.941	5.136E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	29316.090	3.63	5.5
114	352.744	0.514	-1.251	1.840E+06	352.6596	-1.233	2.239E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	28636.887	3.55	6.5
115	353.073	0.509	-1.283	1.936E+06	352.9770	-1.775	7.485E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	28322.361	3.51	5.5

116	353.201	0.698	-1.066	4.466E+06	353.1111	-0.846	6.351E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	30060.730	3.73	5.5
117	353.444	0.787	-0.978	3.903E+06	353.3566	-0.741	8.077E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	29206.695	3.62	5.5
118	354.129	0.675	-0.426	1.385E+07	354.0465	-0.232	2.598E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	33953.253	4.21	5.5 f4p *
119	354.743	0.913	-0.960	5.650E+06	354.6677	-1.066	3.794E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	29936.475	3.71	5.5
120	354.800	0.718	-0.940	3.329E+06	354.7191	-0.855	4.624E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	29932.393	3.71	7.5
121	355.184	0.877	-1.061	3.191E+06	355.0822	-0.584	1.148E+07	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	28154.451	3.49	5.5 f3dp 6L
122	355.625	0.537	-0.423	1.151E+07	355.5319	0.057	4.009E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	28118.841	3.49	7
123	355.881	0.431	-0.582	1.061E+07	355.7841	-0.186	2.640E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	28098.908	3.48	6
124	356.280	0.801	-0.389	2.307E+07	356.1804	0.300	9.531E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	28067.646	3.48	5
125	356.749	1.489	0.034	5.147E+07	356.6591	0.655	2.153E+08	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	28650.294	3.55	5 5K
126	357.493	0.748	0.654	1.359E+08	357.4110	0.350	7.788E+07	U I	7005.532	0.87	6 d7s2 *3K	34976.543	4.34	7
127	357.872	0.939	-0.258	2.210E+07	357.7916	-0.233	2.342E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	27941.253	3.46	6
128	358.266	0.919	-0.319	1.730E+07	358.1837	-0.425	1.627E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	33627.116	4.17	5.5 f4p *
129	358.572	1.403	-0.027	2.820E+07	358.4878	0.712	1.782E+08	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	27886.992	3.46	7 d27p 7N
130	359.270	0.961	-0.261	3.846E+07	359.1745	-0.130	4.256E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	28454.002	3.53	4
131	359.590	0.695	-1.110	3.892E+06	359.4955	-1.013	4.172E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	29557.951	3.66	5.5
132	360.229	0.398	0.387	1.113E+08	360.1201	0.067	4.614E+07	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	35879.226	4.45	6
133	360.723	0.717	-0.658	1.408E+07	360.6325	-0.568	1.732E+07	U II	4663.803	0.58	3.5 f4s 6I	32384.955	4.02	3.5 f4p *
134	361.158	0.569	-0.551	1.027E+07	361.0485	-0.752	6.466E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	33972.648	4.21	6.5
135	361.216	0.541	-1.025	2.957E+06	361.1236	-1.542	1.048E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	29978.143	3.72	6.5
136	361.361	0.489	-1.236	2.058E+06	361.2666	-1.309	2.089E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	28587.252	3.54	5.5
137	361.766	0.672	-1.194	1.995E+06	361.6756	-1.161	2.513E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	27930.242	3.46	6.5
138	362.099	0.491	-0.568	1.058E+07	362.0084	-0.309	1.921E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	27615.795	3.42	6
139	363.910	1.154	0.358	5.964E+07	363.8198	0.566	1.091E+08	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	31279.129	3.88	8

140	363.999	0.657	0.642	1.473E+08	363.8651	0.249	5.955E+07	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	35593.516	4.41	7
141	364.177	0.985	-0.987	5.033E+06	364.0945	-1.121	3.172E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	29206.695	3.62	5.5
142	364.355	0.532	0.091	3.581E+07	364.2428	-0.098	2.673E+07	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	31722.102	3.93	7
143	364.518	0.760	-0.238	1.887E+07	364.4242	-0.128	2.876E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	28053.057	3.48	6
144	364.592	0.733	-1.159	3.476E+06	364.5029	-1.115	3.850E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	28341.568	3.51	4.5
145	365.230	0.582	0.052	2.925E+07	365.1537	0.454	8.365E+07	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	31178.759	3.87	8
146	365.289	1.021	0.305	7.770E+07	365.2064	0.382	9.265E+07	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	31649.685	3.92	6
147	365.999	1.206	-0.048	2.905E+07	365.9155	0.222	6.385E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	27941.253	3.46	6
148	366.340	0.461	-0.885	8.091E+06	366.2329	-0.952	6.939E+06	U II	4663.803	0.58	3.5 f4s 6I	31961.057	3.96	3.5 f4p *
149	366.709	0.542	-0.375	1.707E+07	366.6232	-0.455	1.243E+07	U II	8521.928	1.06	7.5 f3ds *6K	35790.125	4.44	6.5
150	367.034	0.477	0.077	8.036E+07	366.9167	-0.056	4.836E+07	U I	5762.078	0.71	5 d7s2 *3I	33008.464	4.09	4
151	367.108	1.172	-0.892	4.407E+06	367.0068	-0.173	2.769E+07	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	28154.451	3.49	5.5 f3dp 6L
152	367.507	0.407	-0.689	1.372E+07	367.4127	-0.490	1.776E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	27829.925	3.45	4
153	367.757	0.638	-0.543	1.010E+07	367.6562	-0.551	9.905E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	33475.012	4.15	6.5
154	368.318	0.438	-0.900	5.058E+06	368.2035	-0.733	6.495E+06	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	32410.818	4.02	6.5
155	368.671	0.443	-0.500	1.010E+07	368.5774	-0.599	9.503E+06	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	27743.944	3.44	6
156	369.304	0.612	-0.650	1.027E+07	369.1918	-0.435	2.245E+07	U II	4706.277	0.58	2.5 f3ds *6H	31784.762	3.94	3.5
157	369.437	0.433	-0.460	1.355E+07	369.3696	-0.302	2.438E+07	U II	7547.368	0.94	3.5 f3ds *	34612.820	4.29	4.5
158	369.879	0.717	-0.184	2.281E+07	369.7927	-0.332	1.621E+07	U II	8755.640	1.09	6.5 f3ds *	35790.125	4.44	6.5
159	370.136	0.909	-1.021	3.223E+06	370.0571	-0.904	5.060E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	27929.928	3.46	5.5
160	370.242	1.367	-0.325	1.645E+07	370.1516	-0.031	3.236E+07	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	32535.023	4.03	6.5
161	370.499	0.548	0.468	7.407E+07	370.4085	0.399	7.163E+07	U I	7326.118	0.91	7 d7s2 *5K	34315.658	4.25	8
162	371.572	0.534	-1.161	2.781E+06	371.4757	-1.113	3.103E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	29206.695	3.62	5.5
163	371.647	0.738	0.052	5.846E+07	371.5464	0.019	4.586E+07	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	31182.594	3.87	5

164	371.903	0.653	-1.146	2.463E+06	371.8106	-1.000	3.444E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	28636.887	3.55	6.5
165	371.934	0.626	-0.674	7.292E+06	371.8617	-0.877	4.571E+06	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	32410.818	4.02	6.5
166	372.130	0.387	-0.285	2.217E+07	372.0396	-0.042	3.363E+07	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	30672.044	3.80	6
167	372.371	0.628	0.590	1.907E+08	372.2675	0.372	1.618E+08	U I	7191.682	0.89	2 d7s2 *5G	34046.448	4.22	3
168	372.597	0.629	-1.233	2.732E+06	372.4983	-1.003	3.976E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	28587.252	3.54	5.5
169	373.244	0.987	-0.337	1.695E+07	373.1444	-0.897	4.669E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	26791.657	3.32	6
170	373.455	0.621	0.366	6.422E+07	373.3591	0.251	5.682E+07	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	33025.282	4.09	7
171	373.906	0.768	-0.495	9.338E+06	373.8040	-0.281	1.784E+07	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	32535.023	4.03	6.5
172	374.342	0.377	0.247	4.856E+07	374.2349	0.256	5.721E+07	U I	7005.532	0.87	6 d7s2 *3K	33719.124	4.18	7
173	374.732	0.632	-0.686	6.987E+06	374.6420	-0.264	1.847E+07	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	32211.314	3.99	6.5
174	374.807	0.514	-0.388	1.215E+07	374.7141	-0.185	1.938E+07	U II	8521.928	1.06	7.5 f3ds *6K	35201.359	4.36	7.5
175	374.957	0.794	-0.661	1.620E+07	374.8676	-0.096	4.754E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	32384.955	4.02	3.5 f4p *
176	375.212	0.575	0.267	5.697E+07	375.1174	0.598	1.444E+08	U I	5762.078	0.71	5 d7s2 *3I	32412.825	4.02	6
177	375.377	0.449	-0.905	5.726E+06	375.2663	-0.555	1.099E+07	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	32166.920	3.99	5.5
178	375.542	0.447	-1.479	1.090E+06	375.4308	-1.499	1.249E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	26628.500	3.30	5.5
179	375.662	0.395	-0.794	4.652E+06	375.5482	-0.524	1.010E+07	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	32410.818	4.02	6.5
180	375.797	0.471	-0.926	9.334E+06	375.6921	-0.822	1.186E+07	U II	4706.277	0.58	2.5 f3ds *6H	31316.258	3.88	2.5
181	375.932	0.373	-0.198	2.299E+07	375.8348	0.325	7.673E+07	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	30875.583	3.83	6 d27p 7M
182	376.187	0.625	-1.416	1.807E+06	376.0887	-1.401	1.872E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	26581.916	3.30	4.5
183	376.285	0.388	-1.465	1.571E+06	376.2116	-1.363	1.702E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	28322.361	3.51	5.5
184	376.424	0.781	0.550	9.653E+07	376.3264	0.485	9.586E+07	U I	7005.532	0.87	6 d7s2 *3K	33570.663	4.16	7 d27p 5M
185	376.963	0.634	-0.596	7.282E+06	376.8795	-0.695	6.766E+06	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	32316.787	4.01	6.5
186	377.363	0.560	-0.467	1.918E+07	377.2812	-0.485	1.533E+07	U II	8347.690	1.04	5.5 f4s 6I	34845.588	4.32	4.5 *
187	377.440	0.651	0.228	8.495E+07	377.3434	0.601	1.698E+08	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	32742.564	4.06	5

188	378.179	0.729	-1.163	2.225E+06	378.0714	-1.099	3.094E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	27357.275	3.39	5.5
189	378.379	1.004	-1.119	2.170E+06	378.2841	-0.478	1.107E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	26716.691	3.31	6.5
190	378.486	0.619	-0.615	6.915E+06	378.3840	-0.450	1.180E+07	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	32211.314	3.99	6.5
191	378.901	0.500	0.229	5.855E+07	378.8161	0.108	5.415E+07	U I	5991.313	0.74	4 d7s2 *3H	32381.851	4.02	5
192	379.331	0.464	-0.124	2.678E+07	379.2412	-0.304	1.771E+07	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	30636.668	3.80	6
193	379.607	0.609	-1.082	2.345E+06	379.5113	-1.175	2.210E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	28636.887	3.55	6.5
194	379.853	0.466	0.824	1.621E+08	379.7767	0.755	1.384E+08	U I	11308.153	1.40	9 d7s2 *5L	37631.940	4.67	9
195	380.205	0.425	-0.661	9.151E+06	380.1145	-0.455	1.471E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	26920.722	3.34	5
196	380.328	0.535	-1.209	2.373E+06	380.2278	-1.141	2.777E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	28587.252	3.54	5.5
197	381.017	0.509	-0.888	9.292E+06	380.9225	-0.525	1.714E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	31961.057	3.96	3.5 f4p *
198	381.124	0.414	-0.130	2.943E+07	381.0095	-0.464	1.753E+07	U I	3868.486	0.48	3 d7s2 *5H	30107.101	3.73	4
199	381.308	0.651	-0.566	9.576E+06	381.1991	0.362	8.121E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	26225.569	3.25	6
200	381.950	0.512	-1.308	1.607E+06	381.8463	-1.517	9.931E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	27930.242	3.46	6.5
201	382.759	0.613	-1.357	1.225E+06	382.6507	-0.904	4.056E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	26415.115	3.28	6.5
202	383.248	1.046	-0.530	1.072E+07	383.1460	0.056	5.166E+07	U II	4663.803	0.58	3.5 f4s 6I	30756.109	3.81	4.5 f4p *
203	383.608	0.627	-0.669	1.044E+07	383.5224	-0.849	5.833E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	26066.702	3.23	5
204	383.906	0.646	-1.226	3.224E+06	383.8143	-1.238	2.616E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	28341.568	3.51	4.5
205	384.063	1.148	0.177	4.532E+07	383.9627	0.614	1.239E+08	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	29837.643	3.70	7
206	384.612	0.851	-0.679	9.187E+06	384.5118	-1.067	3.220E+06	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	31526.381	3.91	5.5
207	384.894	0.456	0.097	1.033E+08	384.7833	0.227	1.085E+08	U I	7020.710	0.87	4 7s2 5I	33001.993	4.09	3 *
208	384.973	0.519	-0.863	3.855E+06	384.8604	-0.490	9.102E+06	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	31235.734	3.87	7.5
209	385.082	0.753	-1.482	2.319E+06	384.9847	-1.524	1.682E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	25967.693	3.22	3.5
210	385.552	1.252	-0.465	1.232E+07	385.4640	0.124	5.969E+07	U II	4663.803	0.58	3.5 f4s 6I	30599.208	3.79	4.5 f4p *
211	386.053	1.299	-1.049	2.448E+06	385.9571	-0.105	2.510E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	26191.307	3.25	6.5 f3sp 6M

212	386.413	0.477	-0.208	3.949E+07	386.3093	-0.389	2.606E+07	U I	3868.486	0.48	3 d7s2 *5H	29747.139	3.69	3
213	386.538	0.533	-0.840	5.159E+06	386.4467	-0.881	5.871E+06	U II	4663.803	0.58	3.5 f4s 6I	30533.258	3.79	4.5 f4p *
214	386.694	0.952	-0.994	3.771E+06	386.5916	-0.273	1.982E+07	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	28154.451	3.49	5.5 f3dp 6L
215	387.210	0.791	-0.516	1.044E+07	387.1035	0.230	5.811E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	25825.565	3.20	6
216	387.491	0.791	-1.272	1.454E+06	387.4037	-1.009	3.108E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	26094.588	3.24	6.5
217	387.913	0.550	-0.387	1.010E+07	387.8084	0.038	2.688E+07	U II	8853.743	1.10	8.5 f3ds *6L	34632.363	4.29	8.5
218	388.256	0.709	-0.775	4.064E+06	388.1454	-0.279	1.455E+07	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	30341.670	3.76	7.5 f3dp 6M
219	388.349	0.577	-1.357	1.889E+06	388.2356	-0.937	4.261E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	27499.379	3.41	5.5
220	388.412	0.378	-0.916	5.767E+06	388.3111	-0.571	1.079E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	25745.248	3.19	5
221	389.144	0.924	-1.213	1.652E+06	389.0361	-0.467	1.073E+07	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	25986.311	3.22	6.5
222	389.377	0.728	-0.740	5.007E+06	389.2682	-0.409	1.072E+07	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	30941.607	3.84	7.5
223	389.642	0.384	-1.128	2.727E+06	389.5270	-1.005	3.619E+06	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	30085.762	3.73	5.5
224	389.798	0.596	-0.983	4.435E+06	389.6775	-0.596	9.274E+06	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	30240.410	3.75	5.5
225	390.357	0.562	-1.581	1.378E+06	390.2550	-1.203	2.743E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	25906.051	3.21	4.5
226	390.764	0.424	-0.175	2.525E+07	390.6453	0.091	5.985E+07	U I	3868.486	0.48	3 d7s2 *5H	29459.907	3.65	4
227	391.676	0.618	-0.333	1.402E+07	391.5877	-0.245	2.061E+07	U II	8423.418	1.04	4.5 f4s 4I	33953.253	4.21	5.5 f4p *
228	391.836	0.834	0.516	1.265E+08	391.7243	0.407	8.531E+07	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	33639.562	4.17	6 ds8s 7M
229	392.778	0.671	0.330	1.027E+08	392.6715	0.407	1.226E+08	U I	7020.710	0.87	4 7s2 5I	32480.079	4.03	4 *
230	392.874	0.471	-0.814	4.739E+06	392.7759	-0.712	5.990E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	31736.041	3.94	6.5
231	393.209	0.642	-1.392	1.071E+06	393.0977	-1.195	1.967E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	25720.801	3.19	6.5
232	393.305	1.359	-1.067	2.263E+06	393.2021	-0.528	9.131E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	25714.049	3.19	6.5 f3sp?
233	393.640	0.601	-1.309	2.538E+06	393.5380	-0.895	5.482E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	27698.008	3.43	4.5
234	394.150	0.638	-1.306	1.473E+06	394.0483	-1.238	2.068E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	26285.176	3.26	5.5
235	394.484	0.772	0.101	4.323E+07	394.3816	-0.099	4.141E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	25348.977	3.14	6

236	395.264	0.339	-0.239	1.833E+07	395.1474	-0.460	1.346E+07	U I	4453.419	0.55	4 d7s2 *5I	29753.274	3.69	5
237	395.471	0.456	-1.292	1.333E+06	395.3575	-1.116	2.332E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	27581.102	3.42	6.5
238	395.582	0.590	-0.462	1.227E+07	395.4667	-0.120	2.695E+07	U II	8347.690	1.04	5.5 f4s 6I	33627.116	4.17	5.5 f4p *
239	396.757	0.805	-0.244	1.678E+07	396.6549	-0.070	3.005E+07	U II	8423.418	1.04	4.5 f4s 4I	33627.116	4.17	5.5 f4p *
240	397.598	0.255	-0.032	2.306E+07	397.4896	0.022	2.611E+07	U I	7645.645	0.95	8 d7s2 *5L	32796.424	4.07	8
241	398.184	0.265	-0.199	1.732E+07	398.0795	-0.211	1.991E+07	U I	5762.078	0.71	5 d7s2 *3I	30875.583	3.83	6 d27p 7M
242	398.674	0.972	-0.661	5.725E+06	398.5793	-0.165	1.794E+07	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	30341.670	3.76	7.5 f3dp 6M
243	398.984	0.611	-1.249	1.968E+06	398.8884	-1.330	1.633E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	27357.275	3.39	5.5
244	399.130	0.859	-1.378	2.742E+06	399.0420	-1.116	4.006E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	25967.693	3.22	3.5
245	399.359	0.637	-0.789	6.803E+06	399.2535	-0.612	1.022E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	30756.109	3.81	4.5 f4p *
246	399.945	0.573	-0.034	2.359E+07	399.8241	0.045	3.304E+07	U II	11389.464	1.41	5.5 f4s 4I	36393.395	4.51	6.5 *
247	400.336	0.440	-0.961	4.272E+06	400.2339	-1.240	2.993E+06	U II	4706.277	0.58	2.5 f3ds *6H	29684.607	3.68	3.5
248	400.434	0.561	-1.293	1.766E+06	400.3195	-1.536	1.009E+06	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	27267.676	3.38	5.5
249	400.499	0.550	-1.373	1.257E+06	400.4064	-1.138	2.161E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	26716.691	3.31	6.5
250	400.629	0.539	-0.599	6.813E+06	400.5209	-0.298	1.609E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	25580.751	3.17	6
251	400.678	0.361	-0.932	6.594E+06	400.5695	-0.653	1.026E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	25577.725	3.17	4
252	401.003	0.484	-0.909	4.970E+06	400.9169	-1.050	3.080E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	31219.211	3.87	5.5
253	401.247	0.330	-1.124	3.890E+06	401.1449	-1.197	3.290E+06	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	30323.106	3.76	3.5
254	401.881	0.691	-0.766	7.082E+06	401.7711	-0.447	1.475E+07	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	30599.208	3.79	4.5 f4p *
255	402.011	0.516	-1.530	7.459E+05	401.8986	-1.391	1.198E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	25163.904	3.12	6.5
256	402.709	0.663	-1.311	2.414E+06	402.6023	-1.722	7.801E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	27126.080	3.36	4.5
257	403.244	0.357	-1.682	8.539E+05	403.1302	-1.593	1.047E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	25713.633	3.19	4.5
258	403.471	0.383	-0.864	6.727E+06	403.3728	-0.700	8.175E+06	U II	7598.356	0.94	5.5 f3ds *	32382.314	4.02	4.5
259	404.378	0.729	-0.486	8.664E+06	404.2750	0.052	3.537E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	25348.977	3.14	6

260	404.556	0.621	-0.942	3.803E+06	404.4412	-0.554	8.129E+06	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	29978.143	3.72	6.5	
261	405.122	0.878	-1.418	1.551E+06	405.0041	-0.713	7.870E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	24684.135	3.06	4.5	f3sp?
262	405.300	0.575	-0.921	3.045E+06	405.1912	-0.541	7.302E+06	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	29932.393	3.71	7.5	
263	405.397	0.388	-1.548	8.209E+05	405.3020	-1.448	1.033E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	26415.115	3.28	6.5	
264	405.558	0.388	-0.902	2.779E+06	405.4305	-0.671	5.407E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	30941.607	3.84	7.5	
265	405.930	0.653	-1.447	8.864E+05	405.8187	-1.251	1.622E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	24923.623	3.09	6.5	
266	406.350	1.034	-1.274	1.492E+06	406.2544	-0.978	3.541E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	24608.170	3.05	5.5	f3sp 6K
267	406.517	0.463	0.046	3.337E+07	406.4170	-0.257	2.030E+07	U I	5991.313	0.74	4 d7s2 *3H	30589.638	3.79	5	
268	406.866	0.738	-0.754	6.906E+06	406.7748	-0.438	1.225E+07	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	30860.121	3.83	5.5	
269	407.548	0.645	-1.404	1.540E+06	407.4485	-1.236	1.943E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	26285.176	3.26	5.5	
270	407.764	0.518	-1.541	1.154E+06	407.6685	-1.297	2.024E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	25437.566	3.15	4.5	
271	407.881	0.512	0.221	4.964E+07	407.7785	0.164	5.317E+07	U I	7020.710	0.87	4 7s2 5I	31536.907	3.91	5	*
272	408.595	0.437	-1.066	4.121E+06	408.4927	-0.943	4.555E+06	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	30263.975	3.75	4.5	
273	408.927	0.473	-1.705	7.873E+05	408.8252	-1.501	1.258E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	24453.426	3.03	4.5	
274	409.109	1.121	-1.104	2.241E+06	409.0133	-0.377	1.195E+07	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	26191.307	3.25	6.5	f3sp 6M
275	409.574	0.379	-1.163	1.672E+06	409.4891	-1.491	9.168E+05	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	28834.656	3.58	6.5	
276	409.673	0.474	-0.959	4.246E+06	409.5770	-0.824	4.966E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	30691.978	3.81	5.5	
277	409.905	0.785	-1.531	1.402E+06	409.8027	-1.239	2.289E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	24684.135	3.06	4.5	f3sp?
278	410.303	0.392	0.094	3.658E+07	410.1905	0.113	4.672E+07	U I	7020.710	0.87	4 7s2 5I	31392.750	3.89	5	*
279	410.402	0.388	0.098	2.574E+07	410.3113	0.127	3.120E+07	U I	7326.118	0.91	7 d7s2 *5K	31690.981	3.93	8	5L
280	410.948	0.330	-0.958	2.516E+06	410.8352	-1.206	1.639E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	24333.793	3.02	7	
281	411.428	0.252	-1.990	4.034E+05	411.3113	-1.902	4.938E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	24305.625	3.01	4.5	
282	411.725	0.832	-1.393	1.105E+06	411.6097	-1.036	3.018E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	24288.006	3.01	5.5	f3sp?
283	412.584	0.595	-1.395	1.127E+06	412.4728	-1.121	2.118E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	25986.311	3.22	6.5	

284	412.947	0.468	-1.087	1.958E+06	412.8334	-0.795	4.479E+06	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	28636.887	3.55	6.5	
285	413.310	0.253	-0.569	8.105E+06	413.2010	-0.391	1.221E+07	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	28470.178	3.53	6	
286	413.705	0.296	-1.182	2.493E+06	413.5756	-1.205	2.026E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	30455.992	3.78	5.5	
287	413.788	0.323	-1.318	1.560E+06	413.6813	-1.265	1.763E+06	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	28587.252	3.54	5.5	
288	414.232	0.822	-0.457	1.107E+07	414.1221	-0.263	1.515E+07	U II	8394.362	1.04	7.5 f3d2 *6M	32535.023	4.03	6.5	
289	415.495	0.954	-0.518	6.772E+06	415.3971	-0.125	1.931E+07	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	24066.566	2.98	7	
290	415.648	0.594	-0.763	3.645E+06	415.5409	-0.759	4.203E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	30341.670	3.76	7.5	f3dp 6M
291	415.767	0.758	-0.525	7.496E+06	415.6648	-0.415	1.141E+07	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	24671.388	3.06	6	
292	416.462	0.821	-1.420	1.015E+06	416.3678	-1.419	1.221E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	24010.461	2.98	5.5	
293	416.581	0.391	-1.717	4.513E+05	416.4788	-2.083	2.268E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	24293.094	3.01	6.5	
294	416.665	0.613	-1.589	8.240E+05	416.5671	-1.497	1.019E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	24288.006	3.01	5.5	f3sp?
295	417.004	0.357	0.082	3.091E+07	416.9047	0.124	3.402E+07	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	32098.168	3.98	7	d27p 7M
296	417.258	0.984	-1.197	1.738E+06	417.1589	-0.606	6.779E+06	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	25714.049	3.19	6.5	f3sp?
297	417.394	0.471	-0.996	3.760E+06	417.2973	-1.051	2.837E+06	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	30240.410	3.75	5.5	
298	417.529	0.558	-0.954	3.038E+06	417.4189	-0.948	3.080E+06	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	29476.746	3.65	6.5	
299	418.003	0.382	-1.310	1.816E+06	417.8995	-1.261	1.744E+06	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	28507.889	3.53	5.5	
300	418.797	0.437	-0.295	1.114E+07	418.6961	-0.280	1.330E+07	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	28152.652	3.49	7	
301	418.916	0.463	-1.654	5.159E+05	418.8064	-1.659	5.953E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	24159.693	3.00	6.5	
302	419.034	0.610	-1.602	7.914E+05	418.9272	-1.461	1.095E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	24152.809	2.99	5.5	
303	419.861	0.426	-0.768	5.275E+06	419.7507	-0.693	5.480E+06	U II	8394.362	1.04	7.5 f3d2 *6M	32211.314	3.99	6.5	
304	419.928	0.331	-0.904	3.071E+06	419.8215	-0.865	3.970E+06	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	24433.260	3.03	6	
305	420.552	0.401	-1.748	4.675E+05	420.4354	-1.724	5.933E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	23778.170	2.95	5.5	
306	421.159	0.359	-1.718	6.994E+05	421.0441	-1.864	4.286E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	25492.918	3.16	5.5	
307	421.276	0.435	-1.267	1.974E+06	421.1658	-1.040	2.856E+06	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	28322.361	3.51	5.5	

308	421.344	0.324	-1.350	1.398E+06	421.2253	-1.294	1.591E+06	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	28154.451	3.49	5.5	f3dp	6L
309	421.495	0.255	0.389	3.965E+07	421.3865	0.439	4.912E+07	U I	11308.153	1.40	9 d7s2 *5L	35032.655	4.34	10	d27p	7N
310	421.546	0.357	-1.845	4.473E+05	421.4411	-2.044	2.826E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	24010.461	2.98	5.5		
311	422.101	0.328	-0.435	7.946E+06	421.9963	-0.726	4.690E+06	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	27965.923	3.47	7		
312	422.353	0.467	-0.354	8.580E+06	422.2368	-0.086	1.804E+07	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	27477.553	3.41	8		
313	422.975	0.313	-1.210	2.158E+06	422.8756	-1.509	1.443E+06	U II	4706.277	0.58	2.5 f3ds *6H	28347.236	3.51	3.5		
314	423.704	0.469	-0.842	4.860E+06	423.6037	-0.821	5.100E+06	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	24220.650	3.00	5		
315	424.154	0.415	-1.204	1.893E+06	424.0587	-1.608	6.530E+05	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	28834.656	3.58	6.5		
316	424.258	1.053	-0.896	4.577E+06	424.1664	-0.431	1.145E+07	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	28154.451	3.49	5.5	f3dp	6L
317	424.535	0.963	-1.385	1.059E+06	424.4373	-1.278	1.626E+06	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	23553.975	2.92	5.5		
318	424.726	0.593	-0.767	3.655E+06	424.6260	-0.690	5.032E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	23543.508	2.92	7		
319	425.349	0.427	-1.180	1.492E+06	425.2426	-1.251	1.477E+06	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	27930.242	3.46	6.5		
320	426.749	0.308	-1.195	2.512E+06	426.6323	-1.372	1.414E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	23432.795	2.91	5		
321	426.835	0.360	-1.880	7.550E+05	426.7298	-1.744	8.251E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	24342.195	3.02	3.5	f3sp	6I
322	426.990	0.358	-1.686	9.052E+05	426.8846	-1.819	5.550E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	25713.633	3.19	4.5		
323	427.077	0.619	-1.440	9.495E+05	426.9605	-1.585	6.792E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	25163.904	3.12	6.5		
324	427.508	0.348	-1.800	5.783E+05	427.3970	-1.990	3.734E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	24305.625	3.01	4.5		
325	427.767	0.290	-1.375	1.256E+06	427.6463	-1.459	9.049E+05	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	28636.887	3.55	6.5		
326	428.904	0.544	-1.730	6.759E+05	428.7861	-1.709	7.086E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	23315.090	2.89	4.5	f3sp	6K
327	429.007	0.380	-0.197	1.773E+07	428.8831	-0.054	2.462E+07	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	29558.850	3.67	6		
328	429.832	0.334	-1.908	3.720E+05	429.7105	-1.802	4.746E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	23553.975	2.92	5.5		
329	430.262	0.384	-1.807	3.899E+05	430.1463	-1.936	3.479E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	23241.367	2.88	5.5		
330	430.794	0.267	-1.274	2.053E+06	430.6813	-1.696	6.579E+05	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	23212.495	2.88	5		
331	431.155	0.172	-1.424	9.658E+05	431.0375	-1.508	7.957E+05	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	29476.746	3.65	6.5		

332	431.515	0.349	-1.706	5.036E+05	431.3874	-1.726	4.809E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	24923.623	3.09	6.5	
333	432.084	0.431	-1.625	1.016E+06	431.9770	-2.138	2.600E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	25437.566	3.15	4.5	
334	432.704	0.420	-1.140	1.842E+06	432.5889	-1.502	8.009E+05	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	28636.887	3.55	6.5	
335	434.278	0.974	-1.540	1.224E+06	434.1686	-1.161	2.441E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	23315.090	2.89	4.5	f3sp 6K
336	434.825	0.460	-1.707	6.922E+05	434.7195	-1.743	6.375E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	23911.631	2.96	4.5	
337	435.567	0.451	-0.480	7.753E+06	435.4546	-0.532	6.885E+06	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	26758.885	3.32	7	
338	435.672	0.734	-0.626	5.406E+06	435.5739	-0.435	9.927E+06	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	23572.086	2.92	6	
339	436.325	1.000	-1.416	9.346E+05	436.2261	-1.758	5.097E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	22917.453	2.84	5.5	
340	436.395	0.546	-1.230	2.007E+06	436.2928	-1.630	6.841E+05	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	27499.379	3.41	5.5	
341	437.293	0.330	0.014	1.871E+07	437.1758	-0.177	1.365E+07	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	30986.297	3.84	8	
342	437.381	0.732	-1.436	8.874E+05	437.2572	-1.724	5.486E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	23778.170	2.95	5.5	
343	437.469	0.489	-1.650	7.593E+05	437.3407	-1.785	4.765E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	24608.170	3.05	5.5	f3sp 6K
344	438.454	0.260	-0.732	4.290E+06	438.3262	-0.948	2.607E+06	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	26608.482	3.30	7	
345	439.489	0.608	-0.880	3.501E+06	439.3586	-0.639	6.100E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	22754.061	2.82	6	
346	440.366	0.244	-1.019	2.746E+06	440.2431	-1.162	1.974E+06	U II	8510.866	1.06	5.5 f3ds *	31219.211	3.87	5.5	
347	441.624	0.587	-1.746	6.140E+05	441.5239	-1.908	4.226E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	22642.473	2.81	4.5	
348	442.873	0.397	-1.962	4.450E+05	442.7651	-1.982	3.544E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	22868.033	2.84	4.5	
349	443.505	0.340	-0.901	2.661E+06	443.3887	-1.187	1.378E+06	U II	8394.362	1.04	7.5 f3d2 *6M	30941.607	3.84	7.5	
350	443.559	0.424	-1.667	5.209E+05	443.4531	-1.805	3.794E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	24293.094	3.01	6.5	
351	446.425	0.490	-1.723	6.331E+05	446.2967	-1.782	5.529E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	23315.090	2.89	4.5	f3sp 6K
352	446.640	0.314	-1.818	6.107E+05	446.5138	-1.944	3.804E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	24684.135	3.06	4.5	f3sp?
353	447.054	0.386	-1.045	1.738E+06	446.9325	-1.442	8.041E+05	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	22368.467	2.77	7	
354	447.359	0.854	-1.646	9.047E+05	447.2330	-1.260	1.832E+06	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	22642.473	2.81	4.5	
355	447.898	0.398	-1.740	4.202E+05	447.7704	-2.118	2.111E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	23241.367	2.88	5.5	

356	449.207	0.297	-1.908	3.968E+05	449.0833	-1.823	4.140E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	24010.461	2.98	5.5	
357	451.126	0.400	-1.946	3.708E+05	451.0317	-2.240	1.886E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	22165.176	2.75	4.5	
358	451.645	0.633	-1.791	6.356E+05	451.5278	-1.671	6.975E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	22429.859	2.78	4.5	
359	451.774	0.383	-0.972	2.267E+06	451.6723	-1.276	1.331E+06	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	22754.061	2.82	6	
360	453.935	0.505	-1.695	6.353E+05	453.8189	-1.601	6.760E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	23778.170	2.95	5.5	
361	454.470	1.007	-1.360	9.800E+05	454.3624	-1.191	1.733E+06	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	22917.453	2.84	5.5	
362	454.673	0.651	-1.449	9.553E+05	454.5562	-1.639	6.173E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	24288.006	3.01	5.5	f3sp?
363	455.317	0.335	-1.044	1.894E+06	455.1975	-1.479	8.214E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	22582.654	2.80	6	
364	455.501	0.377	-1.869	4.346E+05	455.3852	-2.384	1.328E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	22868.033	2.84	4.5	
365	455.630	0.346	-0.936	2.329E+06	455.5091	-1.167	1.367E+06	U II	8394.362	1.04	7.5 f3d2 *6M	30341.670	3.76	7.5	f3dp 6M
366	456.513	0.280	0.534	4.713E+07	456.3945	0.137	2.089E+07	U I	13127.925	1.63	9 d27s *7M	35032.655	4.34	10	d27p 7N
367	456.899	0.542	-1.608	5.631E+05	456.7685	-1.911	2.801E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	23635.916	2.93	6.5	
368	457.120	0.461	-1.947	4.325E+05	456.9910	-1.922	3.820E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	22165.176	2.75	4.5	
369	457.487	0.463	-1.607	6.561E+05	457.3678	-1.619	6.385E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	24152.809	2.99	5.5	
370	457.799	0.234	-1.208	1.282E+06	457.6640	-1.399	9.769E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	22464.293	2.79	6	
371	458.624	0.224	-2.064	2.660E+05	458.4851	-2.153	1.858E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	23553.975	2.92	5.5	
372	460.254	0.311	-1.968	3.386E+05	460.1128	-2.260	1.730E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	22642.473	2.81	4.5	
373	460.492	0.372	-1.712	5.083E+05	460.3659	-1.686	5.401E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	24010.461	2.98	5.5	
374	460.638	0.241	-1.448	9.333E+05	460.5150	-1.664	5.678E+05	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	27499.379	3.41	5.5	
375	461.113	0.196	-2.186	1.251E+05	460.9861	-2.478	7.454E+04	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	21975.590	2.72	6.5	f2d3? 6K
376	462.139	0.657	-0.025	1.703E+07	462.0213	0.014	2.150E+07	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	27886.992	3.46	7	d27p 7N
377	462.347	0.247	-1.511	6.012E+05	462.2423	-1.873	2.612E+05	U II	5259.653	0.65	7.5 f3ds *6L	26887.270	3.33	7.5	
378	462.819	0.584	-1.227	1.319E+06	462.7075	-1.178	1.476E+06	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	26191.307	3.25	6.5	f3sp 6M
379	463.273	0.378	-1.176	1.595E+06	463.1615	-0.909	2.948E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	21584.695	2.68	6	

380	464.292	0.240	-1.124	1.454E+06	464.1650	-1.318	9.299E+05	U II	8394.362	1.04	7.5 f3d2 *6M	29932.393	3.71	7.5
381	464.782	0.703	-1.628	7.265E+05	464.6597	-1.671	6.586E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	22429.859	2.78	4.5
382	466.816	0.559	-1.749	3.344E+05	466.6850	-1.950	2.453E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	21710.770	2.69	6.5
383	467.267	0.281	-1.559	6.021E+05	467.1397	-1.571	5.860E+05	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	25986.311	3.22	6.5
384	469.050	0.428	-2.074	4.000E+05	468.9075	-1.908	4.684E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	21320.201	2.64	3.5
385	470.249	0.240	-2.272	1.933E+05	470.0973	-2.453	1.063E+05	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	21555.275	2.67	4.5
386	471.688	0.346	0.223	3.731E+07	471.5669	-0.351	1.215E+07	U I	10208.488	1.27	4 d27s *7K	31408.454	3.89	5
387	472.385	0.596	-1.683	6.031E+05	472.2717	-1.729	4.649E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	22917.453	2.84	5.5
388	473.276	0.402	-1.421	8.064E+05	473.1594	-1.509	6.588E+05	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	25714.049	3.19	6.5 f3sp?
389	475.690	0.421	-2.101	3.654E+05	475.5735	-2.156	2.573E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	21021.365	2.61	3.5
390	475.806	0.436	-1.071	2.273E+06	475.6806	-1.014	2.593E+06	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	21636.957	2.68	5
391	477.058	0.302	-2.250	2.578E+05	476.9266	-2.285	1.901E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	20961.725	2.60	3.5
392	477.405	0.453	-1.680	5.100E+05	477.2693	-1.880	3.215E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	23241.367	2.88	5.5
393	477.944	0.223	-0.007	1.352E+07	477.8096	-0.460	5.329E+06	U I	10347.344	1.28	8 d27s *7M	31270.334	3.88	9 d27p 7N
394	478.732	0.170	-0.942	2.877E+06	478.5920	-1.256	1.794E+06	U I	3868.486	0.48	3 d7s2 *5H	24757.269	3.07	4
395	479.154	0.199	-0.475	5.725E+06	479.0061	-0.685	3.530E+06	U I	7645.645	0.95	8 d7s2 *5L	28516.373	3.54	8
396	482.087	0.175	-1.764	3.028E+05	481.9549	-1.932	2.397E+05	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	25163.904	3.12	6.5
397	484.368	0.221	-1.320	8.850E+05	484.2489	-1.514	6.696E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	21265.094	2.64	6 7K
398	484.883	0.322	-1.849	3.347E+05	484.7657	-2.024	2.237E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	22917.453	2.84	5.5
399	485.932	0.260	-1.649	4.531E+05	485.8090	-1.691	4.110E+05	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	25163.904	3.12	6.5
400	486.090	0.251	-2.356	1.941E+05	485.9694	-2.308	1.736E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	20571.682	2.55	3.5
401	486.228	0.296	-1.486	1.151E+06	486.0991	-1.522	1.060E+06	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	25967.693	3.22	3.5
402	487.018	0.147	-1.151	1.325E+06	486.8858	-1.286	9.704E+05	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	24333.793	3.02	7
403	488.518	0.161	-2.162	1.605E+05	488.3783	-2.255	1.295E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	22764.906	2.82	5.5

404	488.656	0.248	-1.378	6.756E+05	488.5141	-1.646	4.208E+05	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	20464.525	2.54	7
405	488.774	0.181	-1.692	4.057E+05	488.6326	-2.065	1.717E+05	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	25986.311	3.22	6.5
406	490.073	0.364	-2.086	3.561E+05	489.9285	-2.127	2.591E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	21320.201	2.64	3.5
407	491.174	0.158	-0.737	2.927E+06	491.0352	-0.887	2.391E+06	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	26608.482	3.30	7
408	491.469	0.242	-2.071	2.813E+05	491.3169	-2.070	2.350E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	22642.473	2.81	4.5
409	492.607	0.135	-1.812	5.297E+05	492.4646	-1.903	4.296E+05	U II	5667.334	0.70	3.5 f3ds *4H	25967.693	3.22	3.5
410	492.980	0.153	-1.023	1.505E+06	492.8447	-1.184	1.198E+06	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	24560.410	3.05	7
411	495.149	0.204	-1.556	4.630E+05	495.0175	-2.049	1.736E+05	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	25986.311	3.22	6.5
412	495.697	0.189	-0.546	4.545E+06	495.5775	-0.778	2.662E+06	U I	7645.645	0.95	8 d7s2 *5L	27818.492	3.45	8
413	497.320	0.232	-2.302	2.101E+05	497.2102	-2.496	1.076E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	21021.365	2.61	3.5
414	498.818	0.204	-2.362	1.819E+05	498.6894	-2.500	1.060E+05	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	20961.725	2.60	3.5
415	500.960	0.409	-1.859	2.626E+05	500.8210	-1.963	2.067E+05	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	21710.770	2.69	6.5
416	501.282	0.139	-1.730	6.711E+05	501.1409	-1.892	3.782E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	20569.228	2.55	4
417	502.874	0.401	-1.211	9.382E+05	502.7384	-1.103	1.387E+06	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	19885.515	2.47	7 d7sp 5M
418	504.885	0.118	-2.416	1.204E+05	504.7405	-2.585	6.804E+04	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	22101.332	2.74	4.5
419	507.904	0.168	-2.386	6.516E+04	507.7805	-2.837	2.688E+04	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	19977.096	2.48	6.5
420	508.715	0.142	-2.545	1.148E+05	508.5848	-2.580	8.474E+04	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	20571.682	2.55	3.5
421	508.965	0.147	-1.662	3.240E+05	508.8286	-2.024	1.624E+05	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	19647.507	2.44	7 d7sp 7L
422	511.850	0.231	-2.144	2.194E+05	511.7238	-2.116	1.949E+05	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	21831.041	2.71	4.5
423	513.858	0.084	-1.971	2.702E+05	513.7046	-2.202	1.587E+05	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	25906.051	3.21	4.5
424	514.664	0.107	-1.888	2.327E+05	514.5084	-2.117	1.374E+05	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	25714.049	3.19	6.5 f3sp?
425	515.551	0.121	-2.354	9.255E+04	515.4048	-2.522	6.286E+04	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	21691.512	2.69	5.5
426	516.170	0.239	-1.539	4.434E+05	516.0316	-1.639	4.106E+05	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	25163.904	3.12	6.5
427	516.562	0.158	-0.563	3.551E+06	516.4139	-0.627	3.471E+06	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	27477.553	3.41	8

428	518.599	0.203	-1.636	4.586E+05	518.4570	-1.855	3.463E+05	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	24684.135	3.06	4.5	f3sp?
429	520.545	0.233	-1.630	5.616E+05	520.4313	-1.838	2.978E+05	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	25492.918	3.16	5.5	
430	522.657	0.102	-1.922	1.790E+05	522.5122	-2.194	1.116E+05	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	24923.623	3.09	6.5	
431	523.998	0.118	-1.374	6.286E+05	523.8615	-1.842	2.496E+05	U II	9553.185	1.18	5.5 f3ds *	28636.887	3.55	6.5	
432	525.847	0.148	-1.756	3.388E+05	525.7045	-1.924	2.873E+05	U II	5667.334	0.70	3.5 f3ds *4H	24684.135	3.06	4.5	f3sp?
433	527.968	0.106	-2.038	2.740E+05	527.8169	-2.252	1.674E+05	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	24342.195	3.02	3.5	f3sp 6I
434	528.201	0.181	-1.756	4.505E+05	528.0379	-1.541	6.254E+05	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	18932.767	2.35	5	d7sp 7L
435	528.984	0.076	-2.089	1.555E+05	528.8380	-2.360	1.040E+05	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	24305.625	3.01	4.5	
436	531.012	0.123	-1.343	7.153E+05	530.8541	-1.323	7.496E+05	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	22633.158	2.81	7	
437	531.160	0.116	-2.625	3.890E+04	531.0041	-2.959	2.165E+04	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	18827.008	2.33	5.5	f2d2s 6K
438	531.329	0.148	-2.027	1.850E+05	531.1879	-2.138	1.433E+05	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	23241.367	2.88	5.5	
439	531.666	0.054	-1.180	9.177E+05	531.5278	-1.200	8.758E+05	U I	7645.645	0.95	8 d7s2 *5L	26454.103	3.28	8	
440	532.088	0.076	-0.635	3.556E+06	531.9396	-0.836	2.644E+06	U I	10081.030	1.25	5 d27s *7L	28874.929	3.58	6	
441	532.299	0.062	-2.145	1.349E+05	532.1606	-2.385	9.701E+04	U II	5667.334	0.70	3.5 f3ds *4H	24453.426	3.03	4.5	
442	535.121	0.137	-2.002	1.420E+05	534.9913	-2.425	6.253E+04	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	23107.566	2.87	6.5	
443	536.500	0.083	-2.030	1.730E+05	536.3807	-2.342	1.054E+05	U II	5667.334	0.70	3.5 f3ds *4H	24305.625	3.01	4.5	
444	536.981	0.085	-1.577	4.906E+05	536.8421	-1.733	4.278E+05	U II	9075.735	1.13	3.5 *	27698.008	3.43	4.5	
445	538.749	0.120	-0.775	3.752E+06	538.6190	-0.669	4.103E+06	U II	15392.416	1.91	6.5 f4d 6L	33953.253	4.21	5.5	f4p *
446	539.164	0.072	-0.763	2.994E+06	538.9847	-0.883	2.003E+06	U I	10347.344	1.28	8 d27s *7M	28895.590	3.58	7	
447	540.449	0.092	-2.008	1.374E+05	540.3187	-2.227	9.671E+04	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	24293.094	3.01	6.5	
448	540.776	0.117	-1.631	3.336E+05	540.5975	-1.909	1.758E+05	U II	8394.362	1.04	7.5 f3d2 *6M	26887.270	3.33	7.5	
449	544.619	0.095	-2.069	1.599E+05	544.4467	-2.052	1.663E+05	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	24152.809	2.99	5.5	
450	546.070	0.096	-1.914	2.479E+05	545.9250	-2.087	1.664E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	18932.767	2.35	5	d7sp 7L
451	546.702	0.097	-1.508	3.792E+05	546.5676	-1.586	3.618E+05	U II	9626.116	1.19	6.5 f3ds *4K	27917.031	3.46	7.5	

452	547.717	0.242	-1.141	1.116E+06	547.5706	-1.276	9.813E+05	U II	9241.966	1.15	4.5 *	27499.379	3.41	5.5	
453	548.145	0.270	-0.828	3.960E+06	548.0265	-0.934	2.584E+06	U II	12513.884	1.55	5.5 f4d 6L	30756.109	3.81	4.5	f4p *
454	548.258	0.275	-1.528	6.582E+05	548.1203	-1.677	4.668E+05	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	24684.135	3.06	4.5	f3sp?
455	548.393	0.179	-0.620	5.173E+06	548.2526	-0.773	3.117E+06	U II	15392.416	1.91	6.5 f4d 6L	33627.116	4.17	5.5	f4p *
456	548.821	0.141	-1.905	2.296E+05	548.7004	-2.060	1.607E+05	U II	5790.641	0.72	5.5 f3ds *4K	24010.461	2.98	5.5	
457	549.428	0.436	-2.167	1.505E+05	549.2952	-2.110	1.715E+05	U II	0.000	0.00	4.5 f3s2 *4I	18200.092	2.26	4.5	f2ds2 4I
458	550.282	0.076	-1.687	3.772E+05	550.1492	-1.941	2.103E+05	U II	9553.185	1.18	5.5 f3ds *	27725.023	3.44	5.5	
459	550.530	0.110	-1.852	2.147E+05	550.4128	-1.924	2.184E+05	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	24608.170	3.05	5.5	f3sp 6K
460	551.271	0.164	-1.619	3.433E+05	551.1496	-1.698	3.384E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	18759.179	2.33	6	
461	551.473	0.065	-1.188	9.489E+05	551.3392	-1.326	6.902E+05	U I	7326.118	0.91	7 d7s2 *5K	25458.735	3.16	7	
462	552.908	0.211	-0.943	2.984E+06	552.7810	-0.942	2.493E+06	U II	12513.884	1.55	5.5 f4d 6L	30599.208	3.79	4.5	f4p *
463	553.715	0.070	-2.672	3.857E+04	553.5777	-2.836	2.645E+04	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	20353.988	2.52	5.5	
464	554.006	0.090	-1.585	4.518E+05	553.8522	-1.848	3.084E+05	U II	9075.735	1.13	3.5 *	27126.080	3.36	4.5	
465	554.610	0.083	-2.300	7.765E+04	554.4807	-2.314	7.516E+04	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	22615.316	2.80	6.5	
466	554.968	0.078	-1.382	1.079E+06	554.8042	-1.586	5.618E+05	U II	12513.884	1.55	5.5 f4d 6L	30533.258	3.79	4.5	f4p *
467	555.281	0.107	-1.953	2.409E+05	555.1425	-2.087	1.770E+05	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	24453.426	3.03	4.5	
468	556.576	0.173	-1.251	8.048E+05	556.4170	-1.125	1.076E+06	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	21767.971	2.70	7	d7sp 5L
469	557.224	0.118	-1.509	5.545E+05	557.0665	-1.554	4.999E+05	U II	9553.185	1.18	5.5 f3ds *	27499.379	3.41	5.5	
470	559.896	0.101	-1.987	2.195E+05	559.7365	-2.094	1.714E+05	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	24305.625	3.01	4.5	
471	560.430	0.056	-2.161	1.017E+05	560.2892	-2.181	1.166E+05	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	24288.006	3.01	5.5	f3sp?
472	560.541	0.067	-2.202	1.066E+05	560.3973	-2.524	6.352E+04	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	23241.033	2.88	4.5	
473	561.208	0.111	-1.062	1.061E+06	561.0890	-0.937	1.632E+06	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	24066.566	2.98	7	
474	564.992	0.062	0.058	1.590E+07	564.8380	-0.424	5.247E+06	U I	16900.387	2.10	7 d7sp 7M	34599.667	4.29	7	*
475	568.683	0.052	-1.708	4.493E+05	568.5211	-1.763	3.955E+05	U I	4453.419	0.55	4 d7s2 *5I	22038.037	2.73	4	

476	569.281	0.134	-1.904	3.491E+05	569.1342	-1.778	3.813E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	18185.999	2.25	4
477	570.706	0.048	-0.778	2.950E+06	570.5654	-1.091	1.845E+06	U I	10819.935	1.34	3 d27s *7I	28341.548	3.51	4
478	570.867	0.103	-1.902	2.567E+05	570.6993	-2.148	1.456E+05	U II	7166.632	0.89	4.5 f3ds *6I	24684.135	3.06	4.5 f3sp?
479	572.520	0.112	-2.000	1.629E+05	572.3648	-2.087	1.665E+05	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	22868.033	2.84	4.5
480	573.528	0.073	-1.911	1.778E+05	573.3236	-1.976	1.531E+05	U II	8276.729	1.03	6.5 f3ds *4I	25714.049	3.19	6.5 f3sp?
481	573.803	0.047	-1.414	6.010E+05	573.6391	-1.242	8.926E+05	U I	7005.532	0.87	6 d7s2 *3K	24433.260	3.03	6
482	575.222	0.119	-0.622	4.909E+06	575.0555	-1.057	2.526E+06	U I	8856.992	1.10	2 d7s2 *5G	26241.797	3.25	3
483	576.661	0.049	-1.251	7.496E+05	576.5379	-1.430	4.968E+05	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	25458.735	3.16	7
484	576.889	0.081	-1.236	8.657E+05	576.7451	-1.691	3.711E+05	U I	5991.313	0.74	4 d7s2 *3H	23325.189	2.89	5
485	578.207	0.136	-1.003	1.144E+06	578.0589	-0.858	1.844E+06	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	23543.508	2.92	7
486	578.994	0.121	-2.203	1.038E+05	578.8568	-2.456	5.802E+04	U II	4420.872	0.55	5.5 f3s2 *4I	21691.512	2.69	5.5
487	579.303	0.071	-1.700	2.171E+05	579.1749	-1.819	1.884E+05	U II	9626.116	1.19	6.5 f3ds *4K	26887.270	3.33	7.5
488	579.994	0.142	-1.910	1.953E+05	579.8530	-1.854	2.775E+05	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	22642.473	2.81	4.5
489	580.660	0.090	-1.199	9.315E+05	580.5193	-1.697	3.613E+05	U I	5991.313	0.74	4 d7s2 *3H	23212.495	2.88	5
490	582.964	0.054	-2.400	7.332E+04	582.8005	-2.533	7.190E+04	U II	4706.277	0.58	2.5 f3ds *6H	21860.053	2.71	3.5
491	583.747	0.078	-0.761	1.995E+06	583.6023	-0.555	3.208E+06	U I	10347.344	1.28	8 d27s *7M	27477.553	3.41	8
492	583.913	0.132	-2.152	9.857E+04	583.7682	-2.064	1.206E+05	U II	4585.431	0.57	6.5 f3d2 *6M	21710.770	2.69	6.5
493	584.458	0.062	-2.156	9.460E+04	584.3277	-2.216	9.894E+04	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	23553.975	2.92	5.5
494	584.671	0.096	-2.927	2.773E+04	584.5247	-2.788	3.179E+04	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	17392.211	2.16	4.5 f2d2s 6K
495	585.358	0.061	-1.781	5.918E+05	585.2003	-1.891	3.574E+05	U I	4453.419	0.55	4 d7s2 *5I	21536.849	2.67	3
496	585.523	0.067	-2.883	2.474E+04	585.3903	-2.707	3.183E+04	U II	1749.123	0.22	6.5 f3d2 *6L	18827.008	2.33	5.5 f2d2s 6K
497	587.250	0.104	-2.056	1.359E+05	587.0930	-2.165	1.323E+05	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	22429.859	2.78	4.5
498	589.680	0.060	-2.352	8.289E+04	589.5311	-2.243	9.135E+04	U II	6283.434	0.78	6.5 f3ds *4L	23241.367	2.88	5.5
499	591.704	0.381	-1.424	4.149E+05	591.5385	-1.125	9.524E+05	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	16900.387	2.10	7 d7sp 7M

500	595.386	0.078	-2.075	1.099E+05	595.2031	-2.270	8.421E+04	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	23241.367	2.88	5.5	
501	597.298	0.171	-1.688	2.498E+05	597.1501	-1.678	3.018E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	17361.895	2.15	6	d7sp 7L
502	597.763	0.148	-1.339	4.434E+05	597.6321	-1.029	1.027E+06	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	20528.898	2.55	8	d7sp 7M
503	598.767	0.103	-1.433	5.928E+05	598.6100	-1.575	5.500E+05	U I	3868.486	0.48	3 d7s2 *5H	20569.228	2.55	4	
504	600.624	0.063	-1.703	2.930E+05	600.4815	-1.849	2.617E+05	U II	9933.226	1.23	3.5 f3ds *	26581.916	3.30	4.5	
505	601.014	0.048	-0.946	1.362E+06	600.8854	-0.920	1.707E+06	U I	10254.999	1.27	5 d7s2 *3H	26892.500	3.33	6	
506	605.325	0.122	-2.614	3.077E+04	605.1738	-2.541	4.365E+04	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	17434.363	2.16	5.5	f2d2s 4K
507	606.126	0.052	-1.080	1.340E+06	605.9757	-1.016	1.346E+06	U I	10069.176	1.25	7 d7s2 *3L	26566.919	3.29	6	
508	606.369	0.054	-1.716	2.018E+05	606.2309	-1.726	2.273E+05	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	20766.506	2.57	7	s27p 5K
509	606.879	0.083	-2.862	2.490E+04	606.7219	-2.630	4.245E+04	U II	914.758	0.11	4.5 f3d2 *6K	17392.211	2.16	4.5	f2d2s 6K
510	607.897	0.124	-1.842	1.692E+05	607.7291	-1.477	4.629E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	17070.469	2.12	6	5L
511	608.890	0.049	-2.377	7.561E+04	608.7336	-2.161	1.242E+05	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	22868.033	2.84	4.5	
512	612.948	0.051	-1.357	6.926E+05	612.7773	-1.314	6.627E+05	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	24433.260	3.03	6	
513	616.609	0.077	-1.232	6.857E+05	616.4514	-1.716	2.249E+05	U I	7326.118	0.91	7 d7s2 *5K	23543.508	2.92	7	
514	617.315	0.107	-0.994	8.352E+05	617.1859	-0.979	9.667E+05	U I	7645.645	0.95	8 d7s2 *5L	23843.737	2.96	9	d7sp 7M
515	618.297	0.045	-1.703	1.922E+06	618.1393	-1.734	1.073E+06	U I	7191.682	0.89	2 d7s2 *5G	23364.790	2.90	1	
516	625.569	0.095	-2.112	1.316E+05	625.4203	-2.423	6.435E+04	U II	6445.033	0.80	4.5 f3ds *4I	22429.859	2.78	4.5	
517	627.018	0.053	-1.301	5.656E+05	626.8671	-1.387	4.639E+05	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	24066.566	2.98	7	
518	638.008	0.062	-3.043	9.096E+03	637.8519	-2.946	1.325E+04	U II	289.036	0.04	5.5 f3d2 *6L	15962.323	1.98	6.5	f2d2s 6L
519	638.086	0.061	-2.414	6.308E+04	637.9619	-2.367	7.036E+04	U II	5716.448	0.71	4.5 f4s 6I	21387.032	2.65	4.5	f3d2 *
520	642.694	0.031	-2.752	3.575E+04	642.4867	-2.730	3.759E+04	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	20961.725	2.60	3.5	
521	645.093	0.287	-1.689	4.452E+05	644.9160	-1.428	6.647E+05	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	16121.933	2.00	4	d7sp 7K
522	646.664	0.073	-1.236	4.803E+05	646.4983	-1.105	7.367E+05	U I	7326.118	0.91	7 d7s2 *5K	22789.789	2.83	8	d7sp 7L
523	653.705	0.077	-1.166	1.183E+06	653.5474	-1.516	5.286E+05	U I	8133.291	1.01	4 d7s2 *5H	23430.175	2.91	4	

524	658.429	0.016	-1.976	2.207E+05	658.2778	-2.117	1.306E+05	U I	7864.204	0.98	5 d7s2 *5I	23051.165	2.86	4
525	658.938	0.033	-2.728	2.052E+04	658.7842	-2.926	1.301E+04	U II	5526.750	0.69	6.5 f3ds *6K	20702.037	2.57	6.5 f4d 6K
526	660.302	0.032	-1.622	2.151E+05	660.1389	-2.145	6.444E+04	U I	7645.645	0.95	8 d7s2 *5L	22789.789	2.83	8 d7sp 7L
527	660.570	0.046	-1.574	3.618E+05	660.3992	-1.884	1.536E+05	U I	7326.118	0.91	7 d7s2 *5K	22464.293	2.79	6
528	662.226	0.027	-2.656	3.054E+04	662.0531	-2.280	7.256E+04	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	15720.682	1.95	5 d7sp 7L
529	662.332	0.100	-2.746	3.276E+04	662.1776	-2.965	1.648E+04	U II	2294.692	0.28	5.5 f3d2 *6K	17392.211	2.16	4.5 f2d2s 6K
530	662.466	0.047	-2.221	7.309E+04	662.2835	-2.681	3.168E+04	U II	7547.368	0.94	3.5 f3ds *	22642.473	2.81	4.5
531	668.480	0.030	-2.244	7.548E+04	668.3384	-2.021	1.094E+05	U I	3800.829	0.47	7 d7s2 *5L	18759.179	2.33	6
532	669.276	0.022	-1.339	3.209E+05	669.1200	-1.780	1.301E+05	U I	10685.787	1.32	8 d7s2 *5K	25626.665	3.18	9 d2s2 7L
533	671.845	0.031	-2.407	4.628E+04	671.7451	-2.631	3.455E+04	U II	7547.368	0.94	3.5 f3ds *	22429.859	2.78	4.5
534	677.911	0.018	-2.336	5.580E+04	677.6888	-2.448	4.312E+04	U II	10740.955	1.33	5.5 f3d2 *6L	25492.918	3.16	5.5
535	678.244	0.045	-1.490	4.168E+05	678.0632	-2.101	8.839E+04	U I	8118.632	1.01	7 d27s *5M	22862.451	2.83	6
536	679.186	0.063	-1.406	4.291E+05	679.0302	-1.523	2.891E+05	U I	7645.645	0.95	8 d7s2 *5L	22368.467	2.77	7
537	682.230	0.039	-2.091	1.250E+05	682.0768	-1.690	2.660E+05	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	18932.767	2.35	5 d7sp 7L
538	682.865	0.329	-1.668	2.363E+05	682.6913	-1.679	2.304E+05	U I	0.000	0.00	6 d7s2 *5L	14643.867	1.82	6 d7sp 7M
539	684.797	0.031	-1.920	1.837E+05	684.6230	-1.967	1.395E+05	U I	6249.029	0.77	6 d27s *7M	20851.579	2.59	5
540	687.853	0.037	-2.257	5.416E+04	687.6746	-1.899	1.482E+05	U II	8379.702	1.04	4.5 f3ds *	22917.453	2.84	5.5
541	703.209	0.044	-2.481	4.052E+04	703.0700	-2.841	1.768E+04	U I	620.323	0.08	5 d7s2 *5K	14839.736	1.84	5 d7s 7M
542	703.553	0.039	-1.275	5.407E+05	703.3840	-1.281	4.703E+05	U I	10347.344	1.28	8 d27s *7M	24560.410	3.05	7
543	707.670	0.108	-1.668	3.072E+05	707.4782	-1.707	2.377E+05	U I	4275.707	0.53	6 d7s2 *5K	18406.522	2.28	5 d7sp 7K
544	708.383	0.025	-2.899	2.095E+04	708.2094	-2.780	2.757E+04	U II	5401.502	0.67	3.5 f3ds *6I	19517.728	2.42	3.5
545	713.080	0.223	-1.013	8.280E+05	713.0062	-2.191	6.498E+04	U I	5762.078	0.71	5 d7s2 *3I	19783.336	2.45	6
546	714.868	0.043	-1.103	6.772E+05	714.7886	-1.008	7.535E+05	U I	11308.153	1.40	9 d7s2 *5L	25294.447	3.14	8

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表1. SI基本単位

基本量	SI基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電流量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウエーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m ²	m ² cd
放射線種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についての、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV,2002,70,205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ¹ kg s ⁻²
電荷密度	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)′=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1ha=1hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1L=1l=1dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1u=1 Da
天文単位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ⁻¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
ファ	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ³ /4π)A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≐」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

