

ヘリウム原子・イオン衝突による原子・分子 の反応断面積の経験式作成VI

大阪ニュークリアサイエンス協会 委託調査

大阪府立大学工学研究科

堀 史説

本年度の委託内容

- ヘリウムの原子・イオン衝突による原子・分子の反応
断面積の経験式の作成
 - (1)ヘリウムの原子・イオン衝突による原子・分子の素過程断面積に関する最近のデータに対して経験式の作成を行う。また、それらを合わせてデータ集としてまとめる作業を行う。
 - (2)報告書の作成
- 前任者の計算結果の作図
(レポート作成のため前任者より依頼)

計算手法

- ・最小二乗プログラム:ALESQ (*produced by T.Tabata & R.Ito*)
- ・上記のプログラムにより実験データソースのフィッティングを行い、反応の経験式(フィッティングパラメータ)を作成する。

手法、計算アルゴリズムについてはJAERI-Research 2003-015に記載

DATA SOURCES

1. F. Fremont, K. Sommer, D. Lecler, S. Hicham, P. Boduch, X. Husson, and N. Stolterfoht, Phys. Rev. A **46**, 222 (1992).
2. G. J. Frieling, R. Hoekstra, E. Smulders, W. J. Dickson, A. N. Zinoviev, S. J. Kuppens, and F. J. Deheer, J. Phys. B **25**, 1245 (1992).
3. H.O. Folkerts, F.W. Blik, L. Meng, R.E. Olson, R. Morgentern, M. Vonhellermann, H.P. Summers, R. Hoekstra, J. Phys. B **27**, 3475-3488 (1994).
4. J.M. Hodgkinson, T.K. Mclaughlin, R.W. Mccullough, J. Geddes, H.B. Gilbody, J. Phys. B **28**, L393-L397 (1995).
5. A. Bordenavemontesquien, P. Morettocapelle, A. Gleizes, S. Andriamonje, F. Martin, A. Salin, J. Phys. B **28**, 4559-4561 (1995).
6. A. Bordenavemontesquien, P. Morettocapelle, A. Gleizes, M. Benhenni, H. Bachau, I. Sanchez, J. Phys. B **27**, 4243-4261 (1994).

反応の経験式関数

Green-McNeal型経験式関数

Basic Relations

$$f_1(x; c_1, c_2) = \sigma_0 c_1 (x / E_R)^{c_2}$$

$$f_2(x; c_1, c_2, c_3, c_4) = f_1(x; c_1, c_2) / \left[1 + (x/c_3)^{c_2+c_4} \right]$$

$$f_3(x; c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6) = f_1(x; c_1, c_2) / \left[1 + (x/c_3)^{c_2+c_4} + (x/c_5)^{c_2+c_6} \right]$$

$$f_4(x; c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8) = f_1(x; c_1, c_2) / \left[1 + (x/c_3)^{c_2+c_4} + (x/c_5)^{c_2+c_6} + (x/c_7)^{c_2+c_8} \right]$$

$$f_5(x; c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9, c_{10}) = f_1(x; c_1, c_2) / \left[1 + (x/c_3)^{c_2+c_4} + (x/c_5)^{c_2+c_6} + (x/c_7)^{c_2+c_8} + (x/c_9)^{c_2+c_{10}} \right]$$

$$\sigma_0 = 1 \times 10^{-16} \text{ cm}$$

$$E_R = 99.27 \text{ keV} \quad \text{for He, and } 74.80 \text{ keV for } {}^3\text{He}$$

E = projectile energy in keV/amu

E_{th} = threshold energy in keV/amu

$$x = E - E_{th} \text{ or } (E - E_{th})/a_1$$

反応の経験式関数

$$\text{NFUNC}=1002 \quad m=3, n=5$$

$$\sigma = f_2(E_1; a_1, a_2, a_3, a_2) + a_4 f_2(E_1/a_5; a_1, a_2, a_3, a_2)$$

$$\text{NFUNC}=10021 \quad m=3, n=2$$

$$\sigma = f_2(E_1; a_1, a_2, a_1, a_2)$$

$$\text{NFUNC}=2000 \quad m=4, n=6$$

$$\sigma = f_1(E_1; a_1, a_2) + f_2(E_1; a_3, a_4, a_5, a_6)$$

$$\text{NFUNC}=2010 \quad m=4, n=4$$

$$\sigma = f_2(E_1; a_1, a_2, a_3, a_4)$$

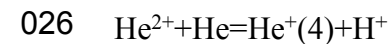
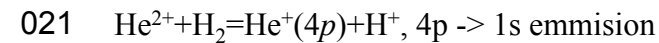
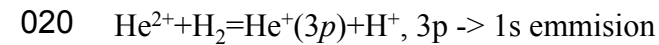
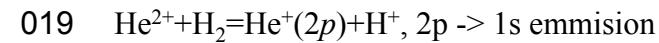
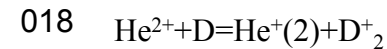
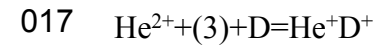
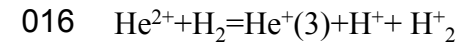
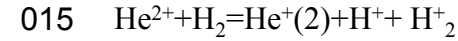
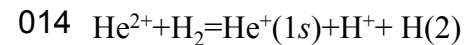
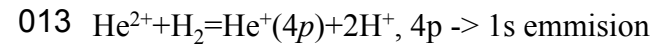
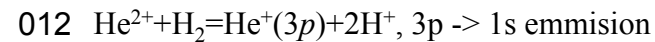
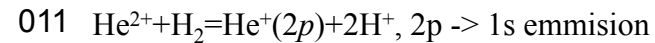
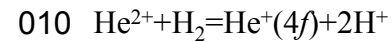
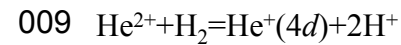
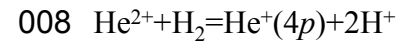
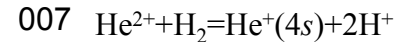
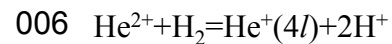
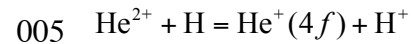
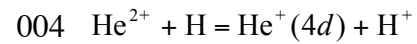
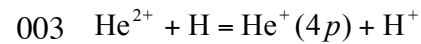
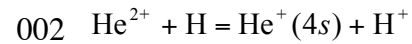
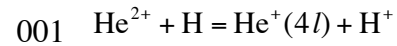
$$\text{NFUNC}=2050 \quad m=4, n=4$$

$$\sigma = f_2(E_1; a_1, a_2, a_3, a_4)$$

本年度フィッティングを行った反応

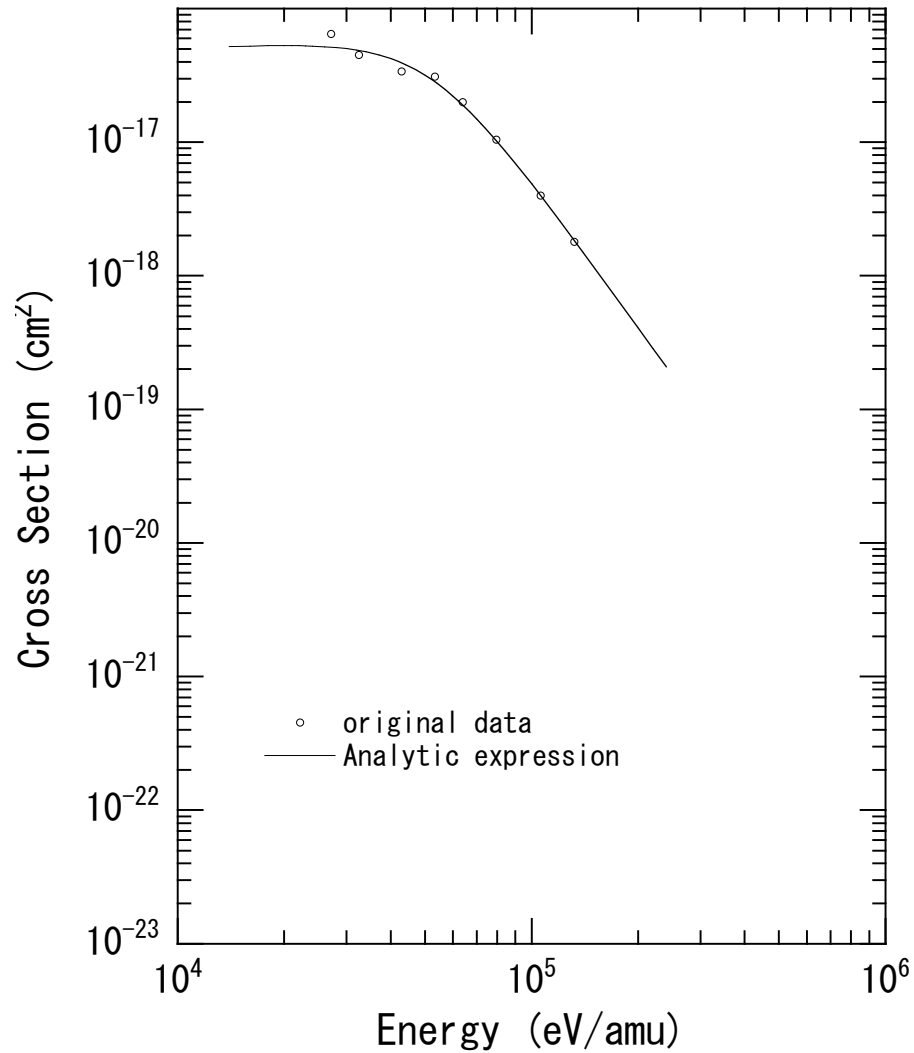
State selective capture

2008年度

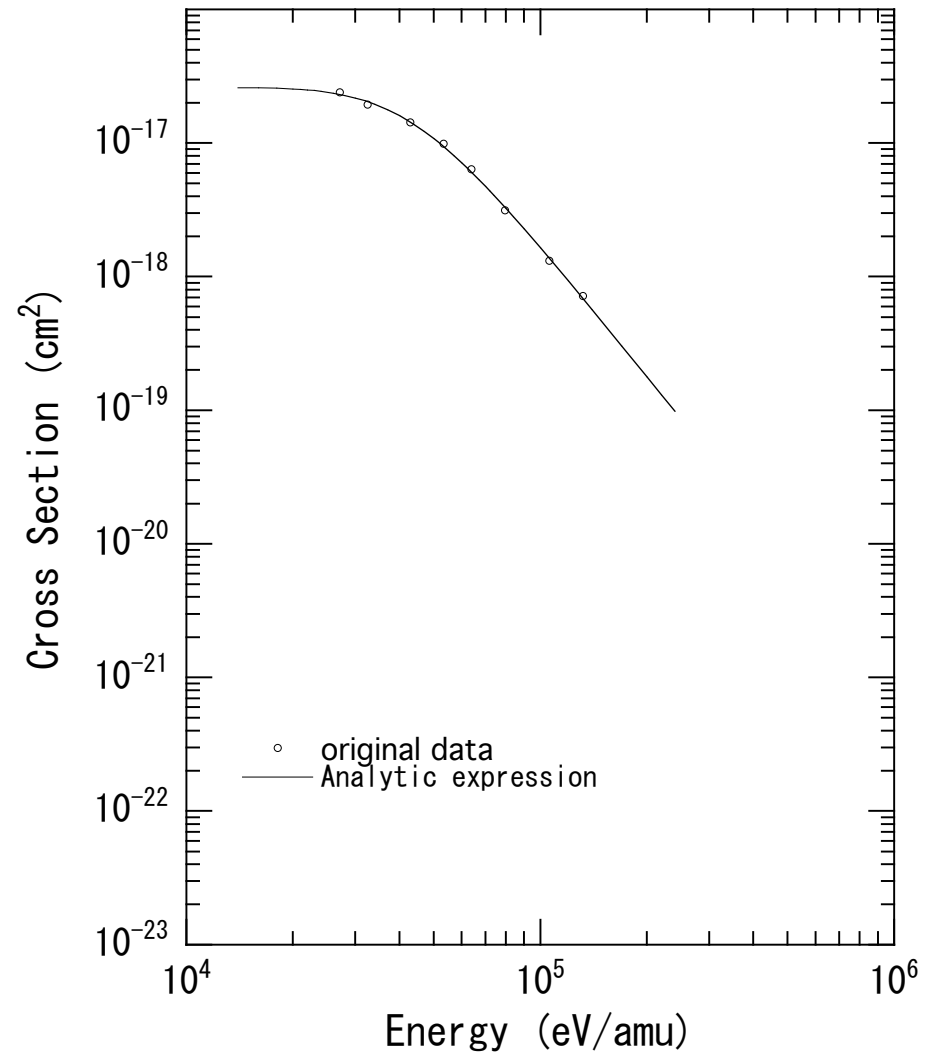


ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果

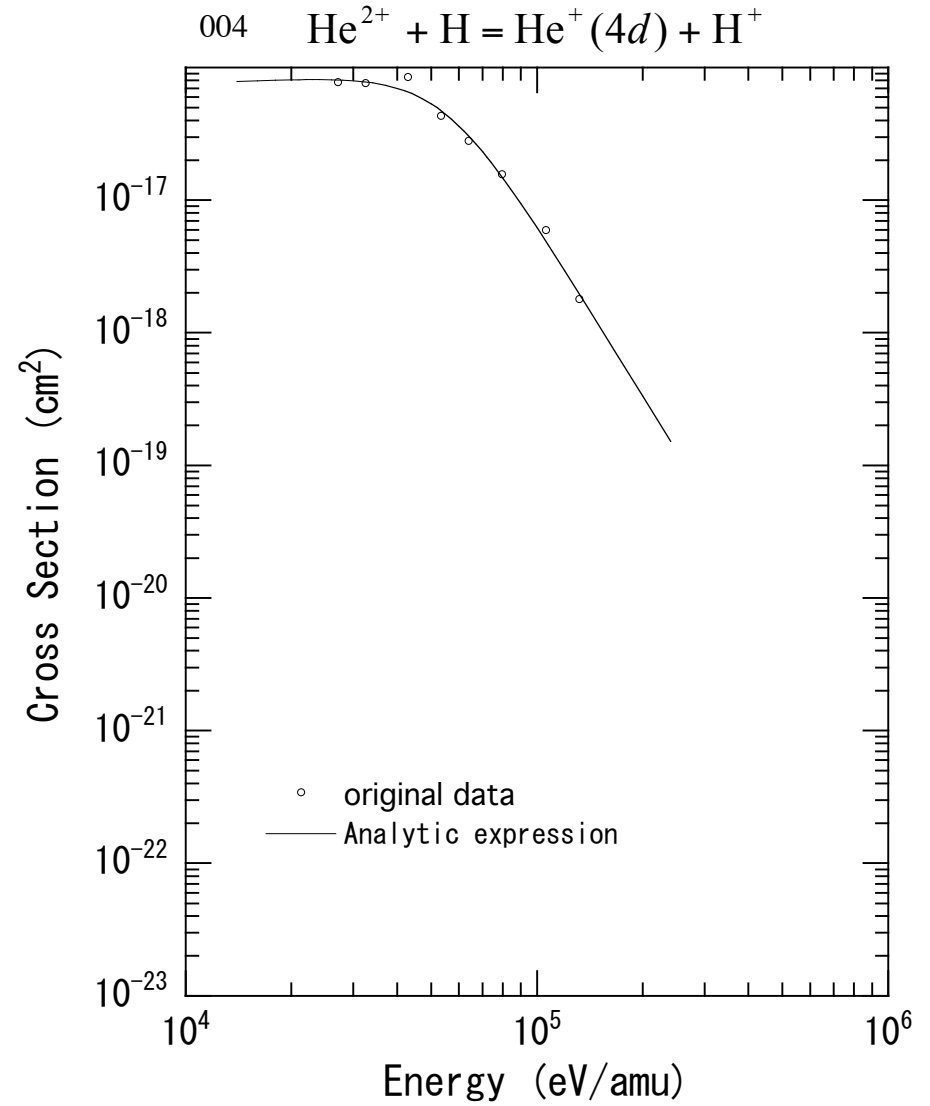
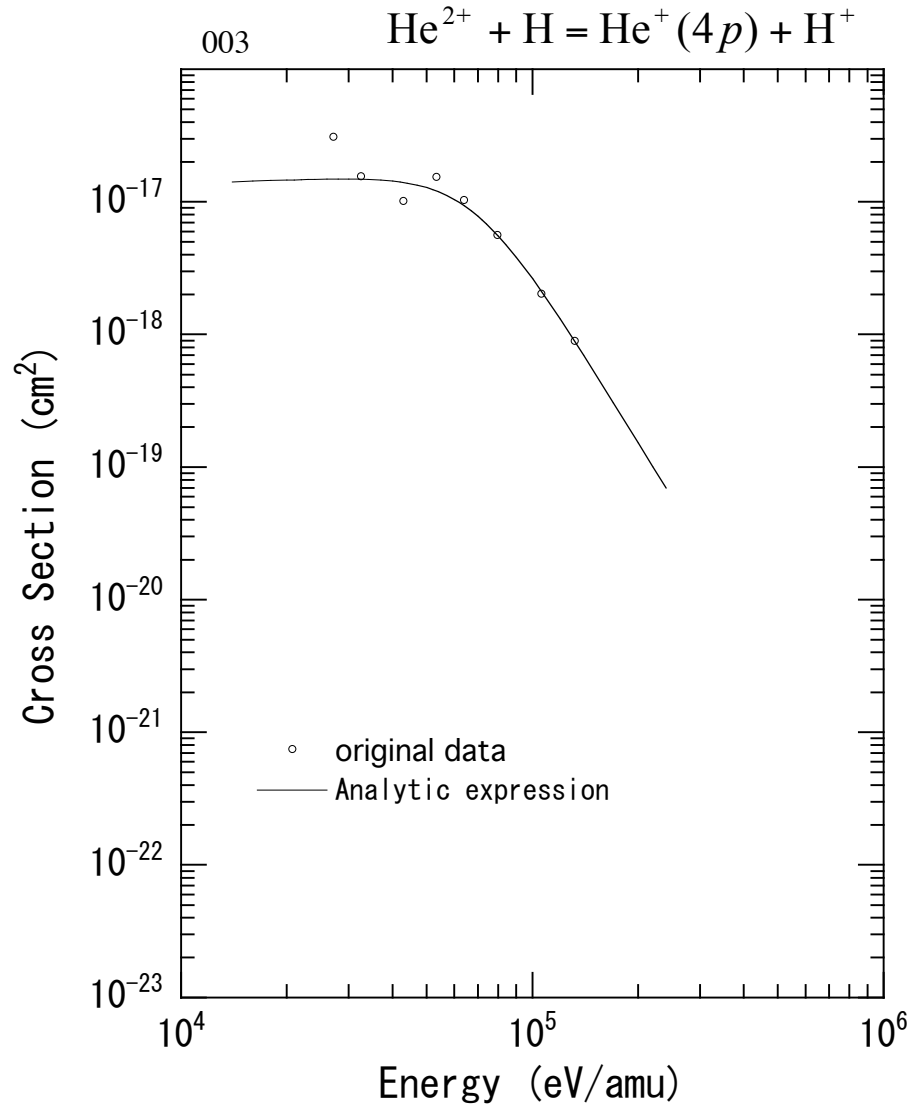
001 $\text{He}^{2+} + \text{H} = \text{He}^+(4l) + \text{H}^+$



002 $\text{He}^{2+} + \text{H} = \text{He}^+(4s) + \text{H}^+$

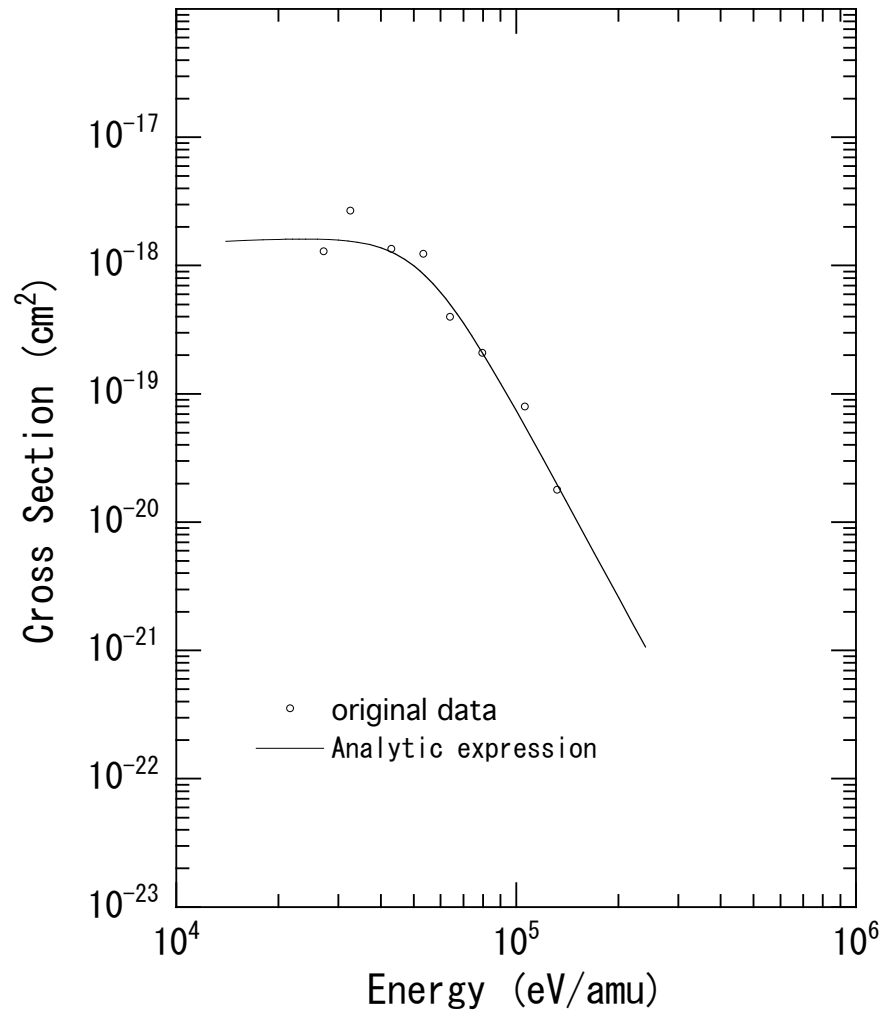


ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果

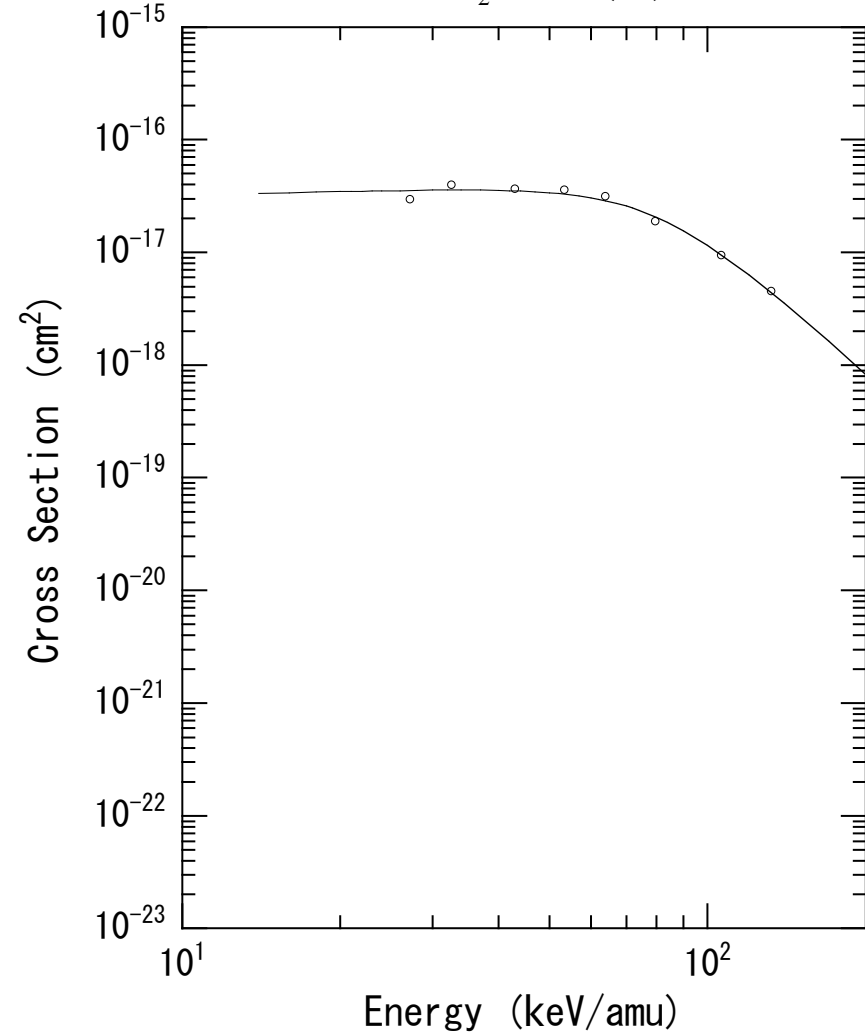


ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果

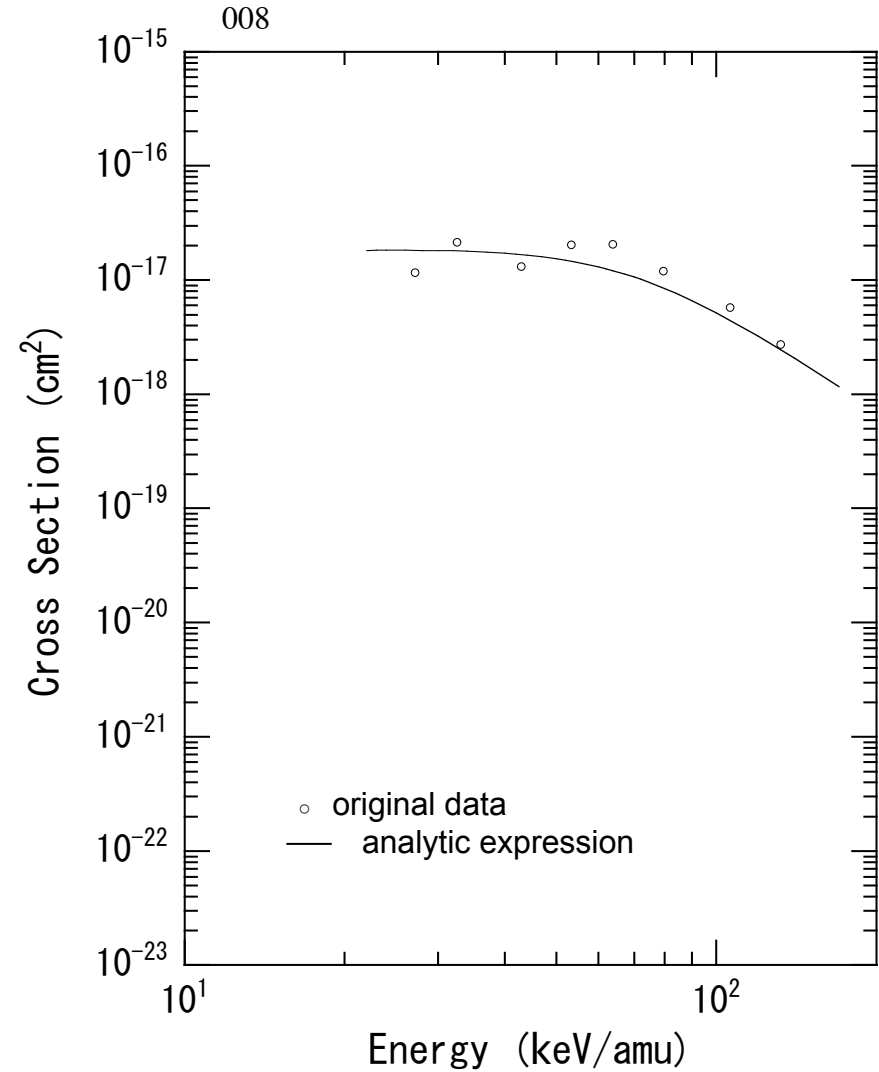
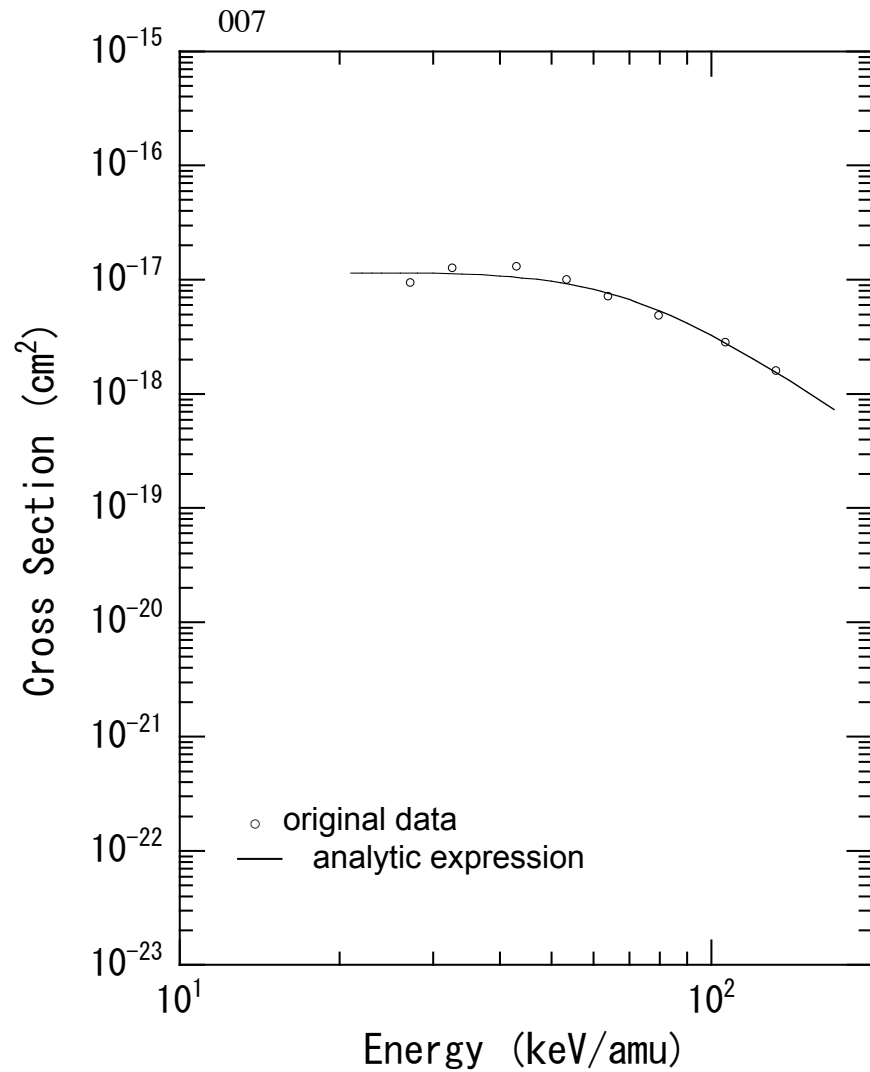
005 $\text{He}^{2+} + \text{H} = \text{He}^+(4f) + \text{H}^+$



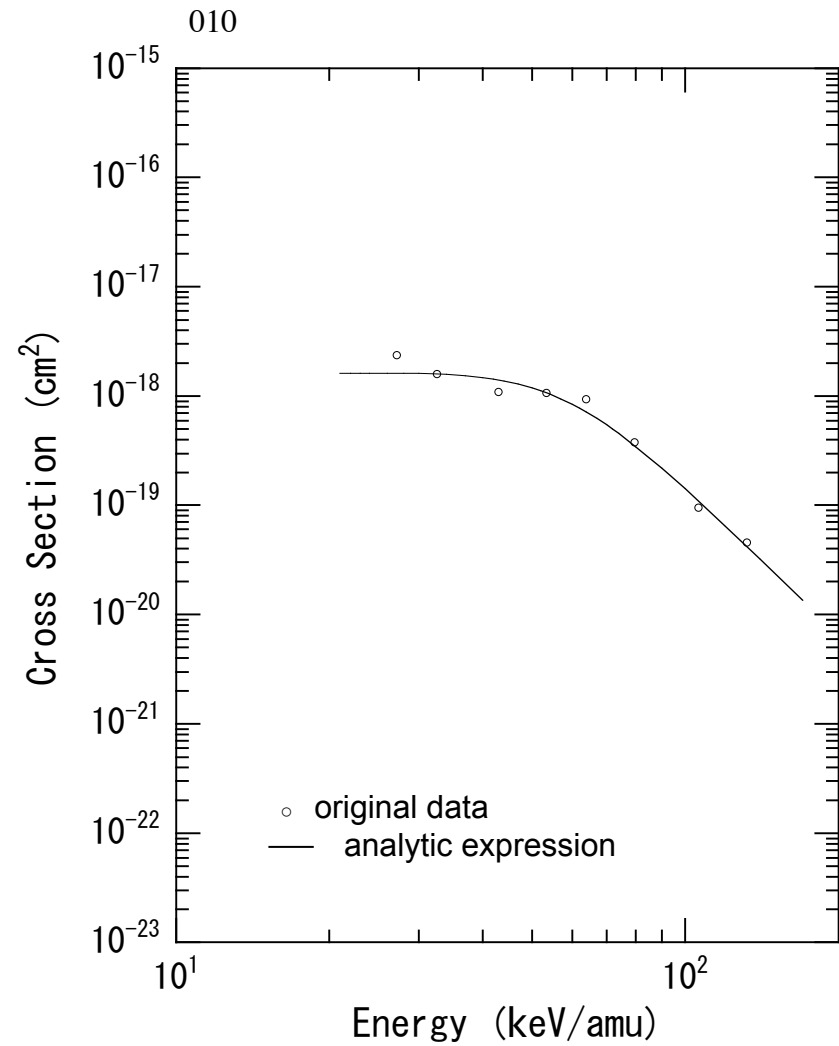
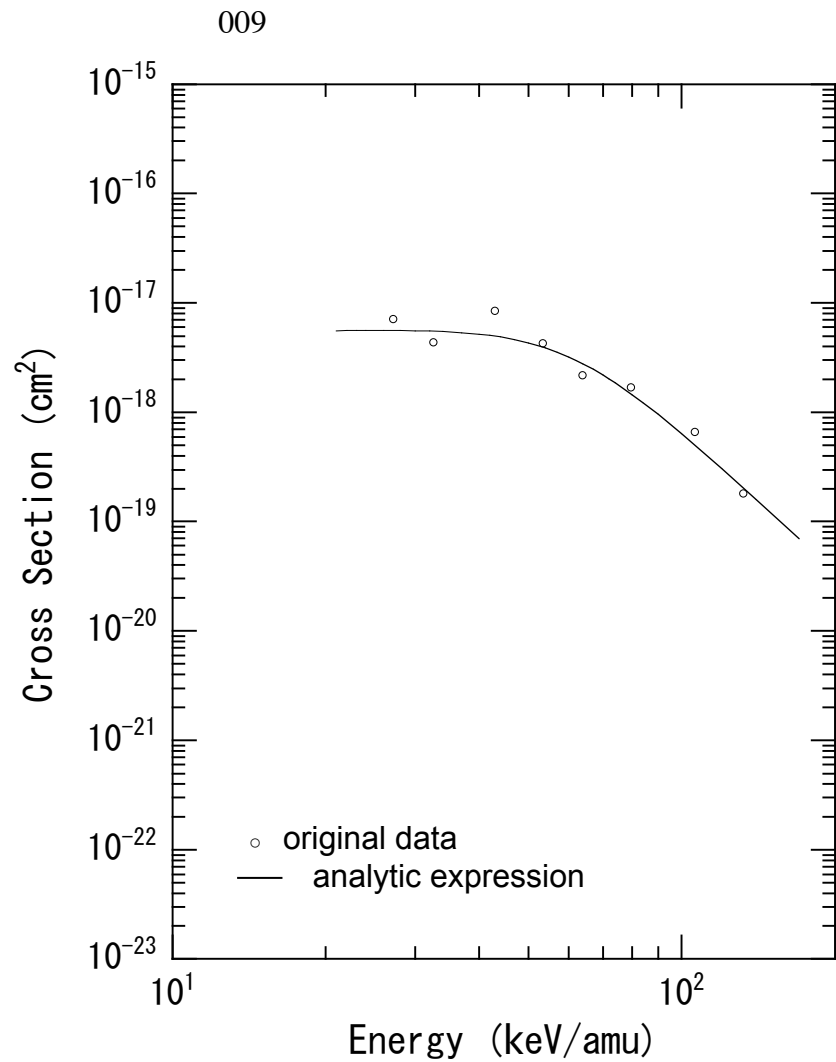
006 $\text{He}^{2+} + \text{H}_2 = \text{He}^+(4l) + \text{H}^+$



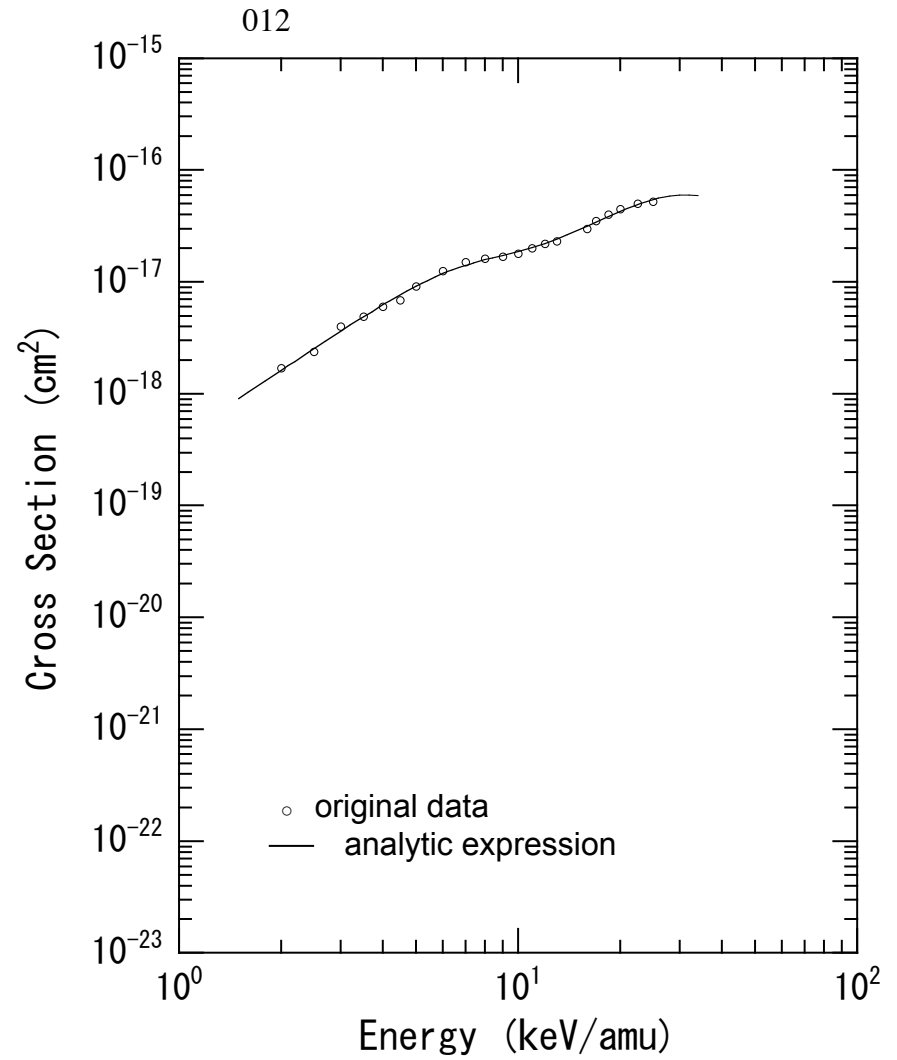
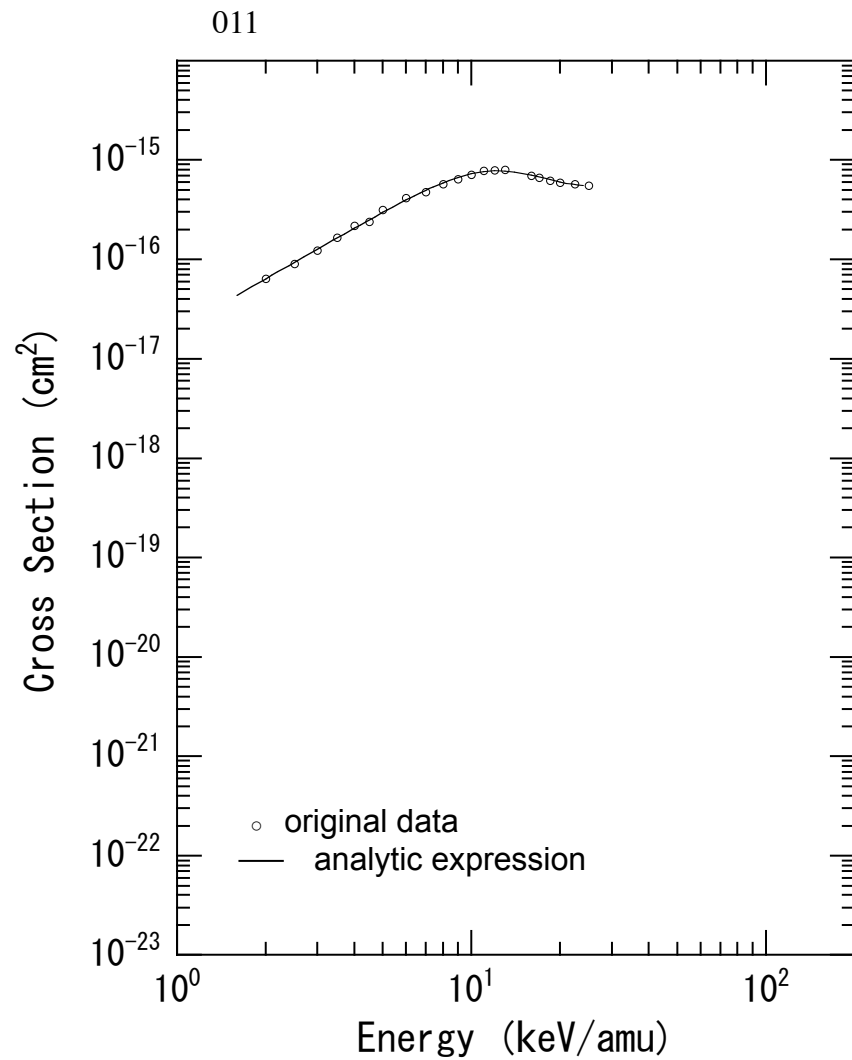
ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



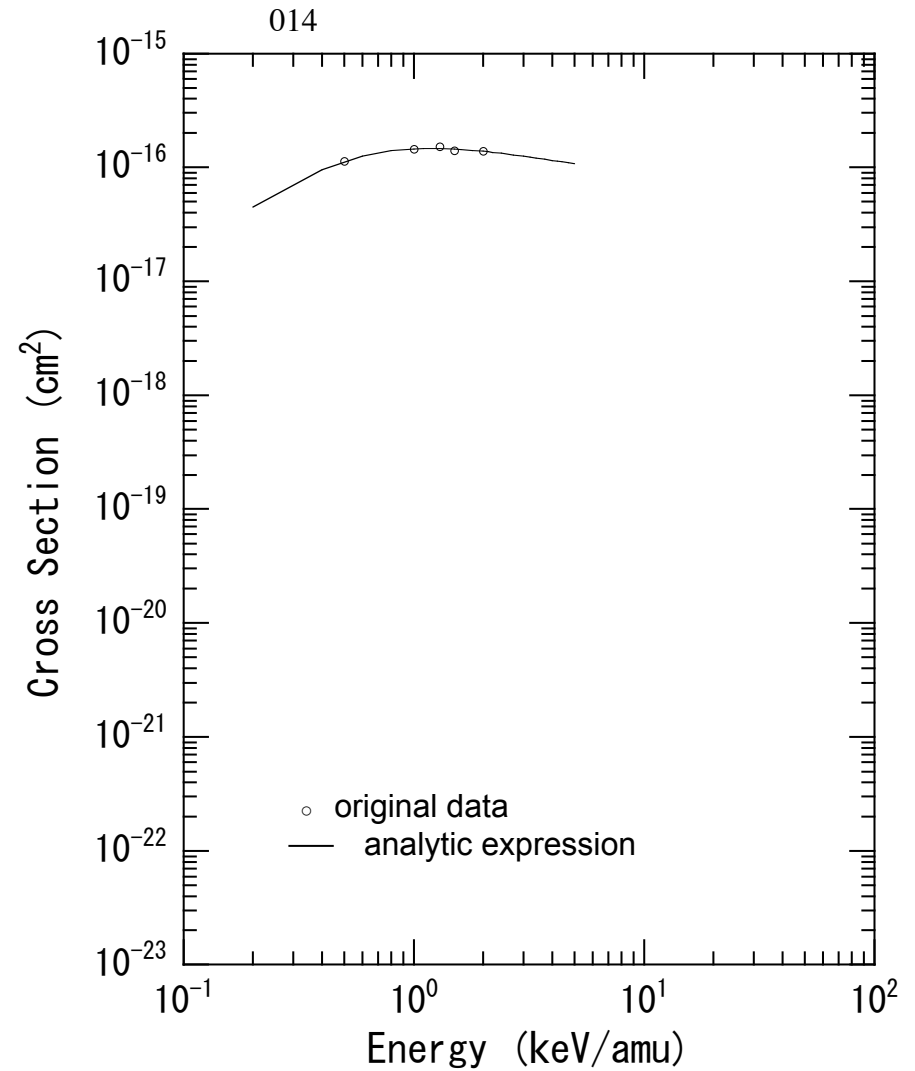
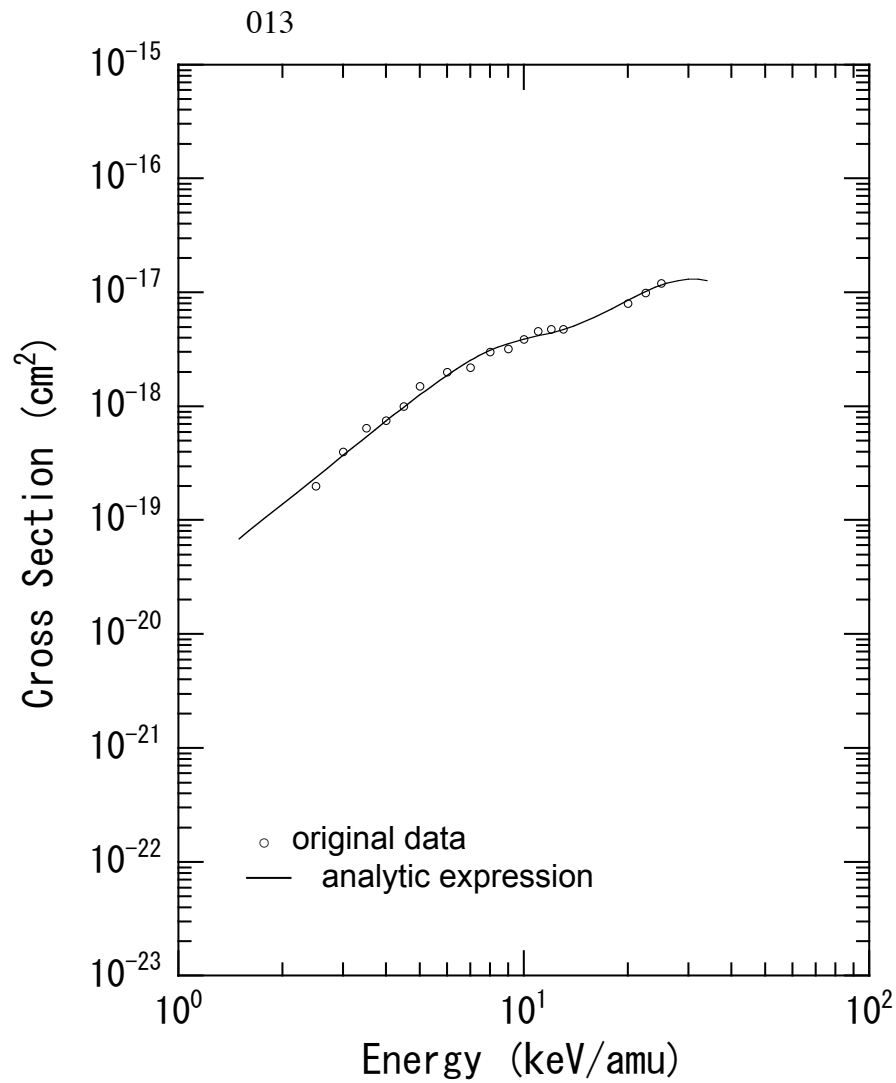
ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



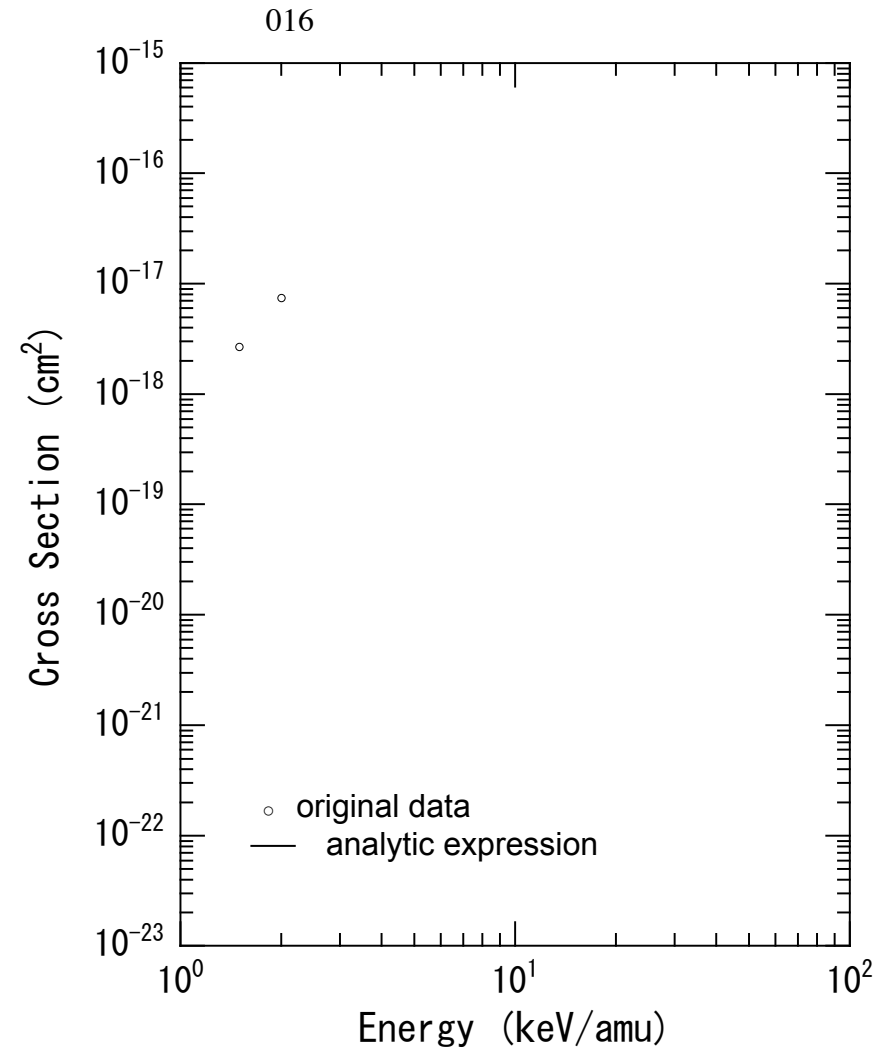
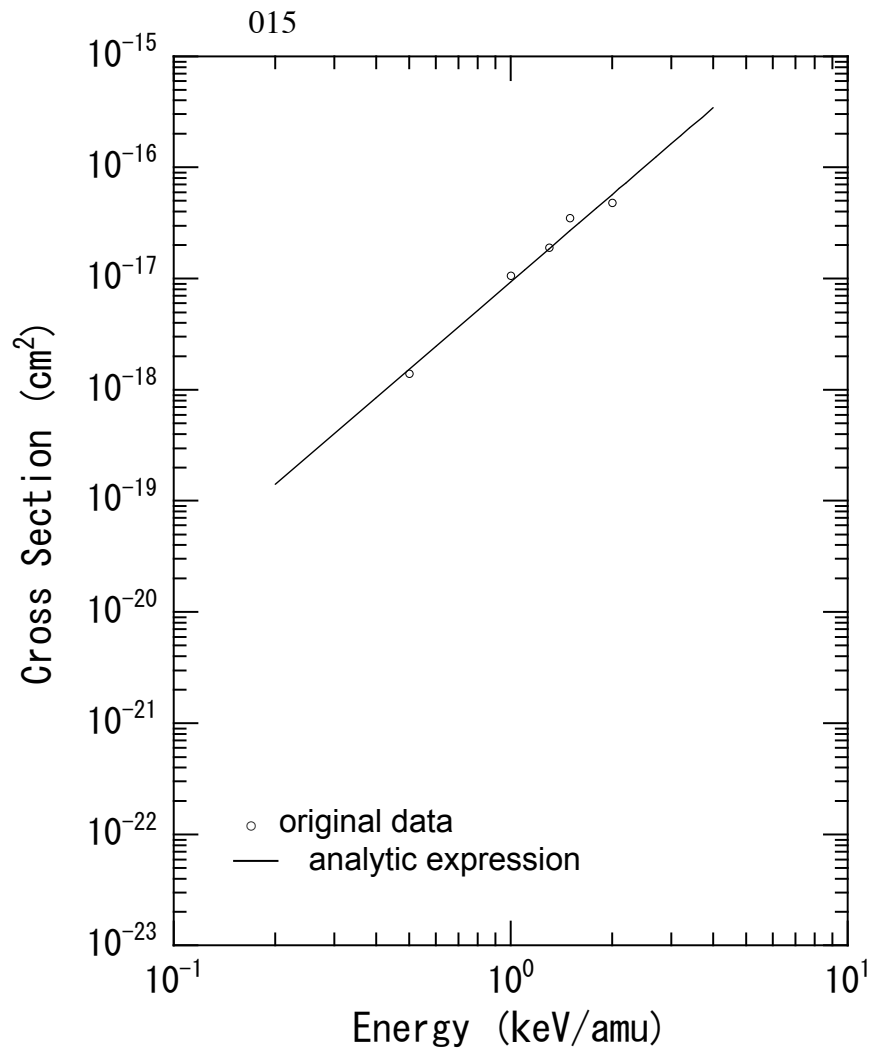
ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



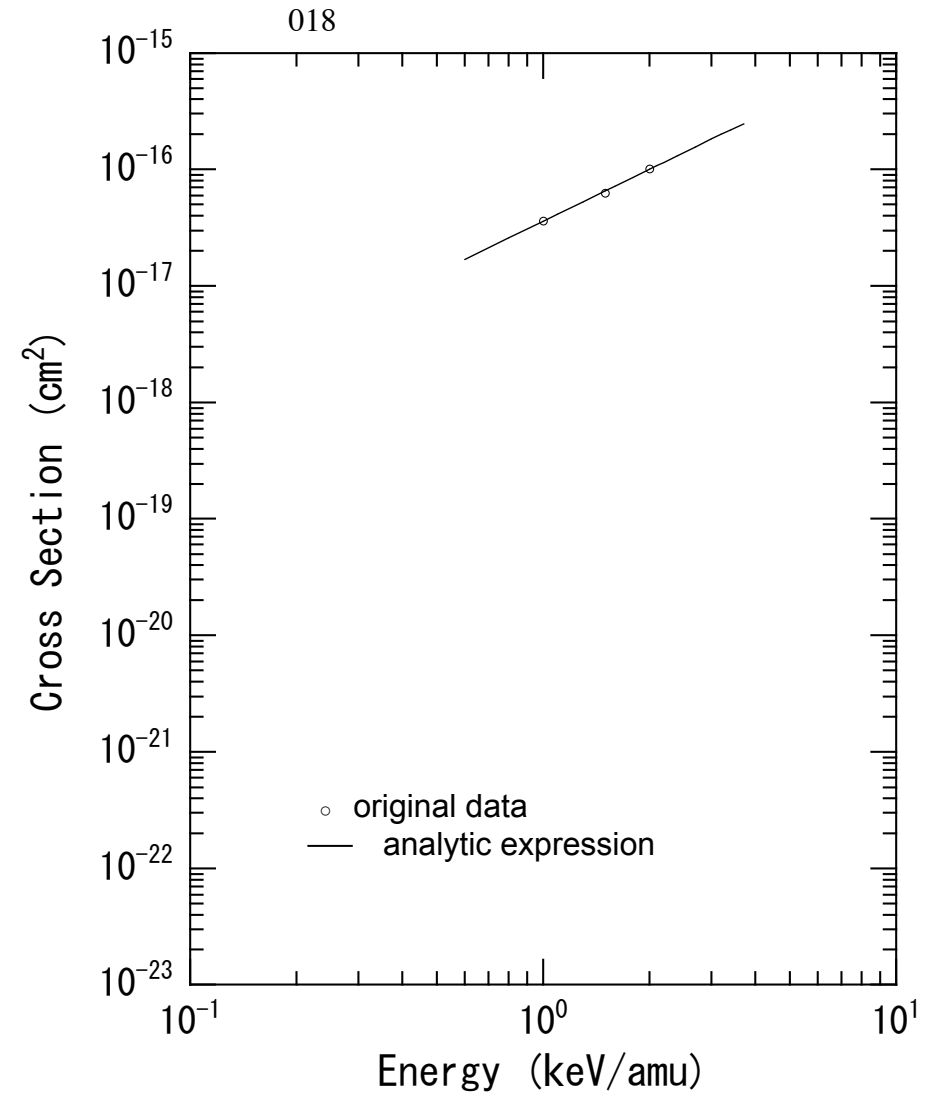
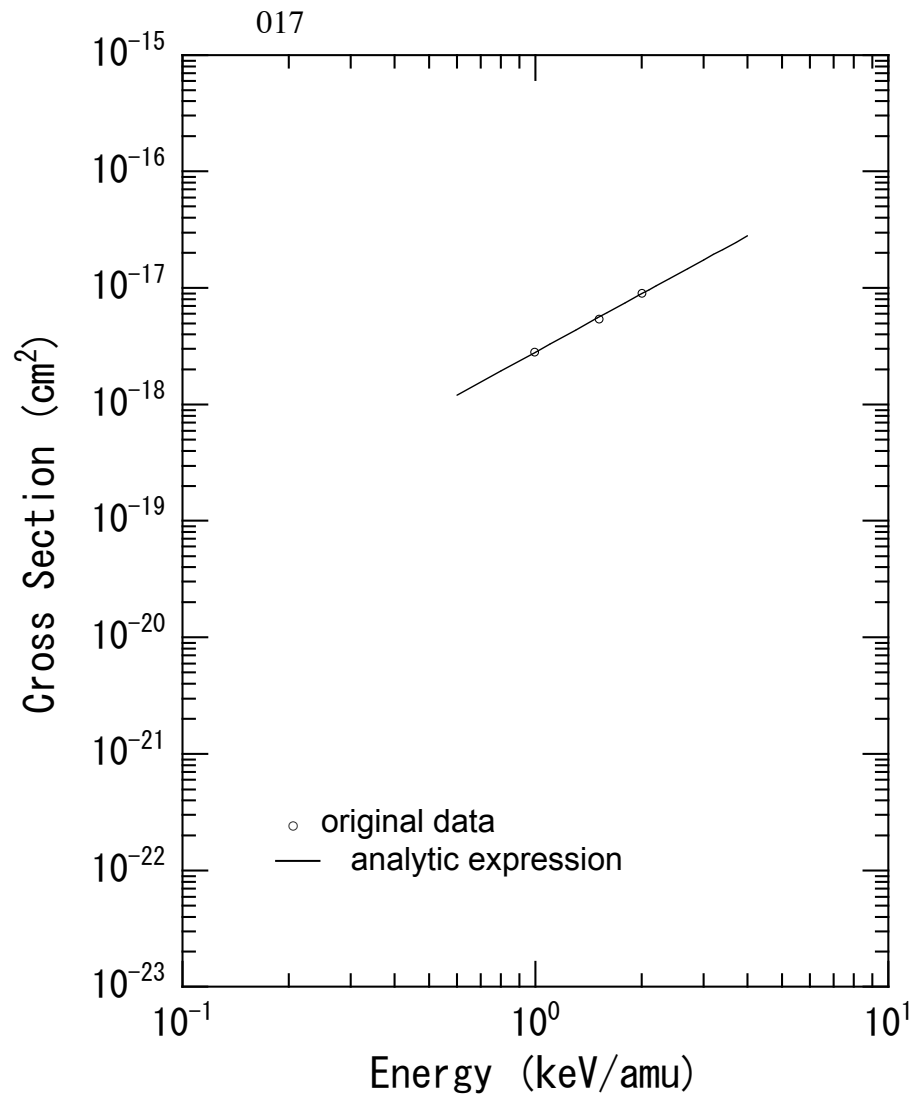
ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



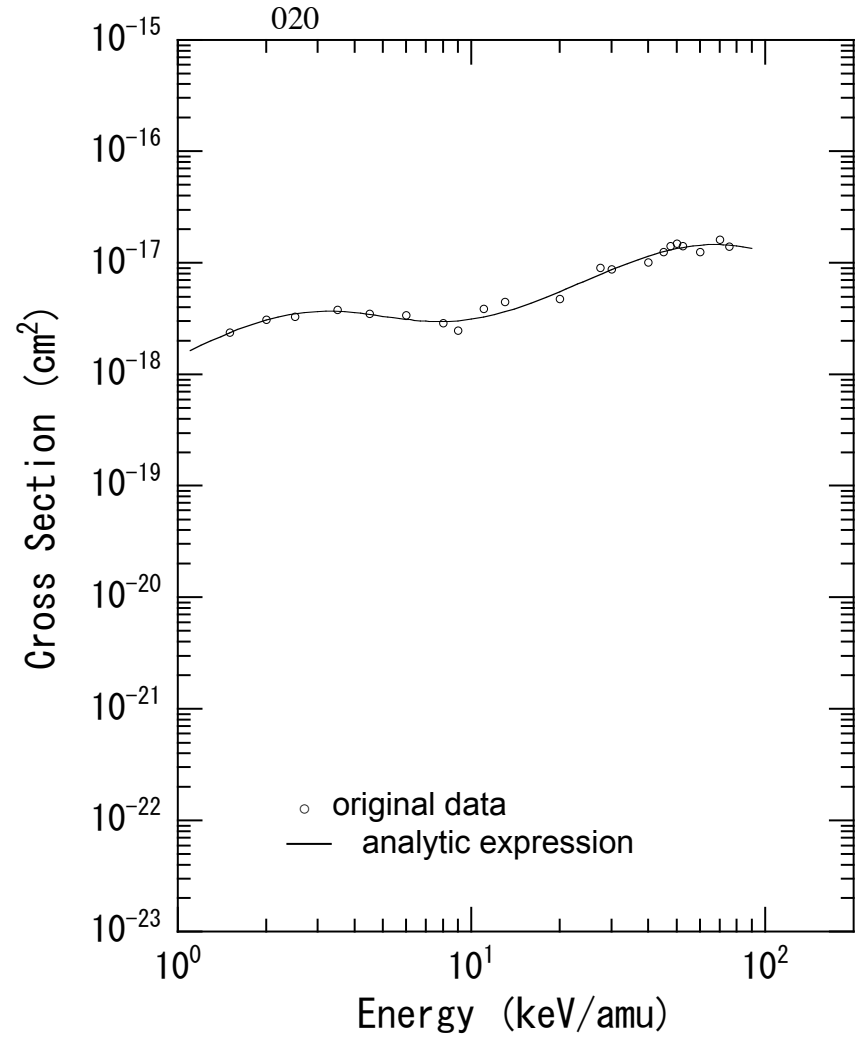
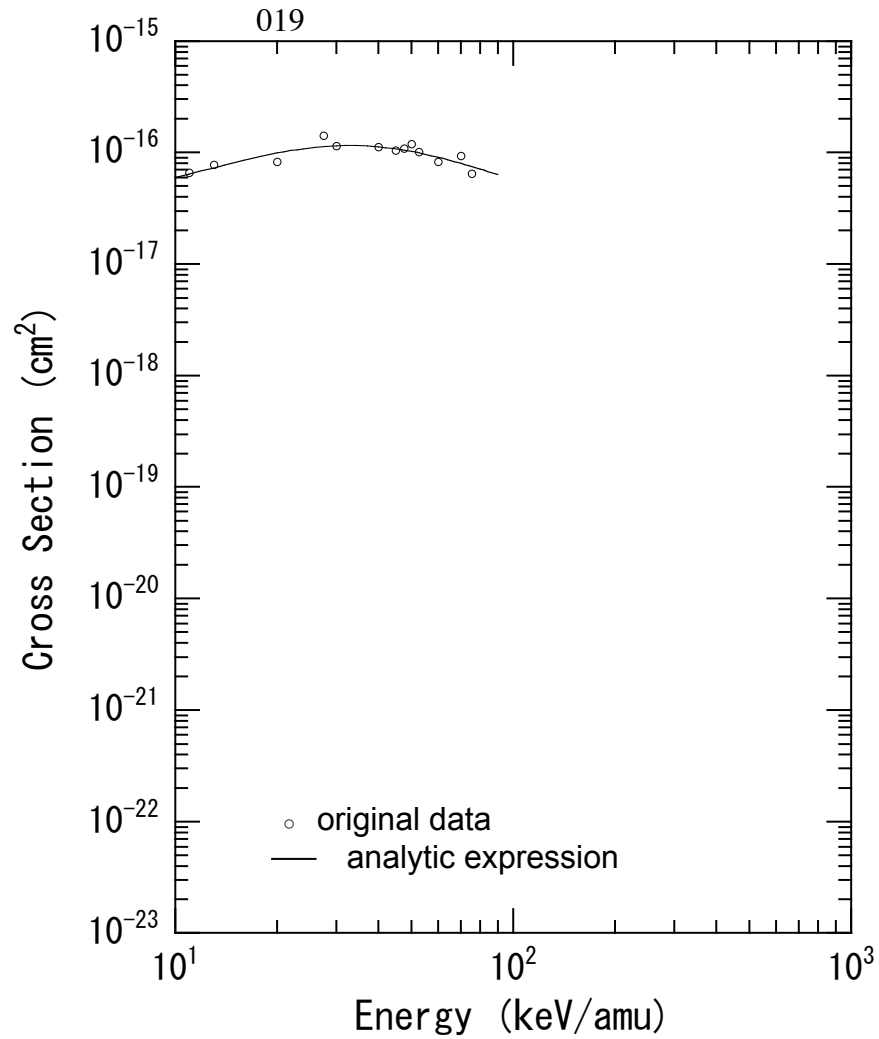
ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



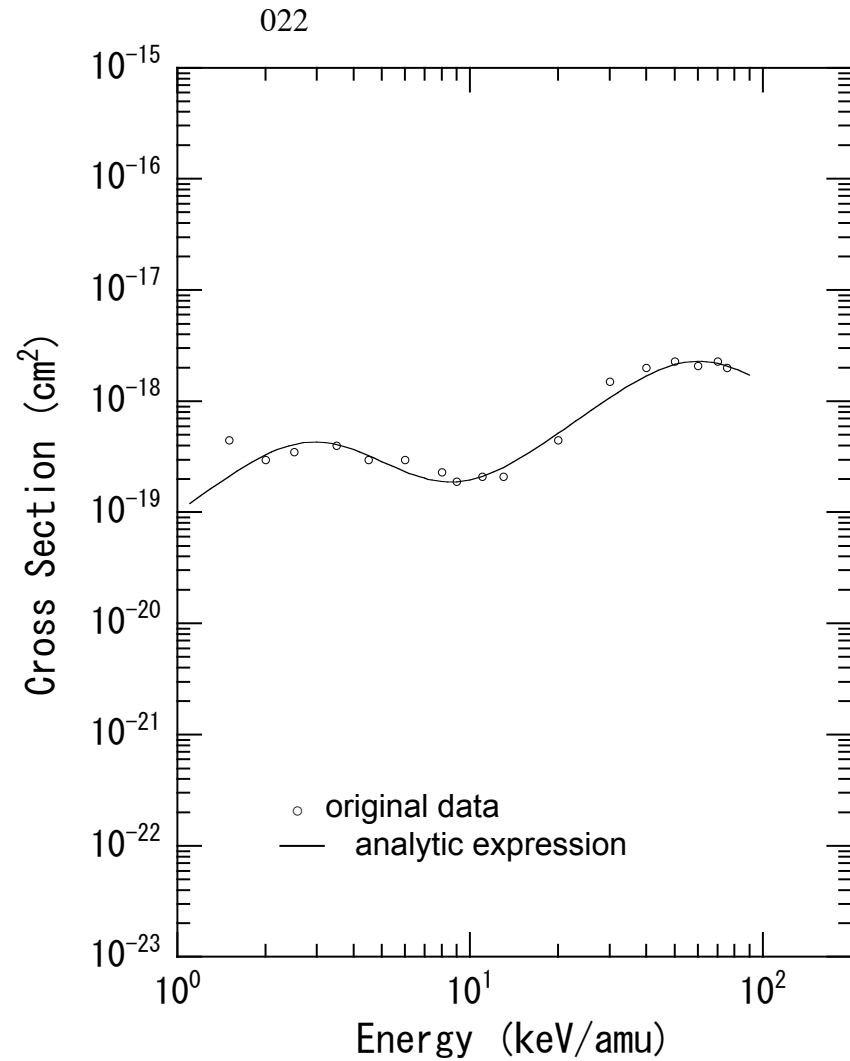
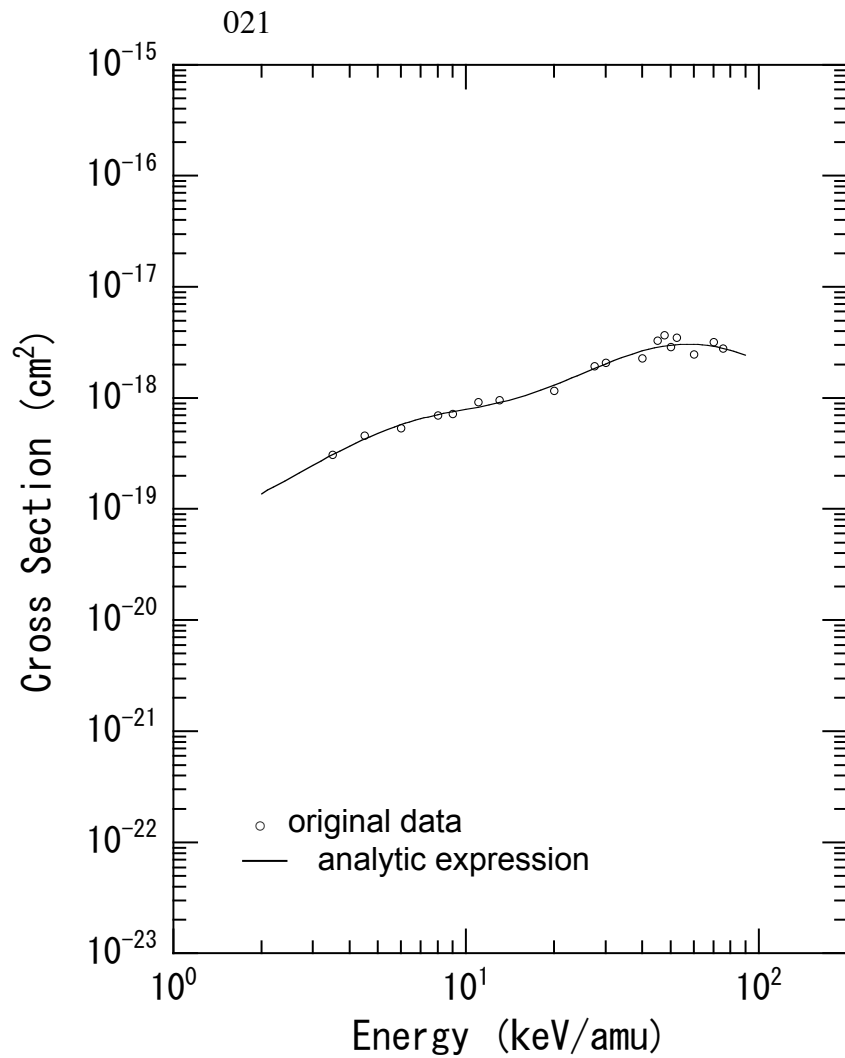
ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



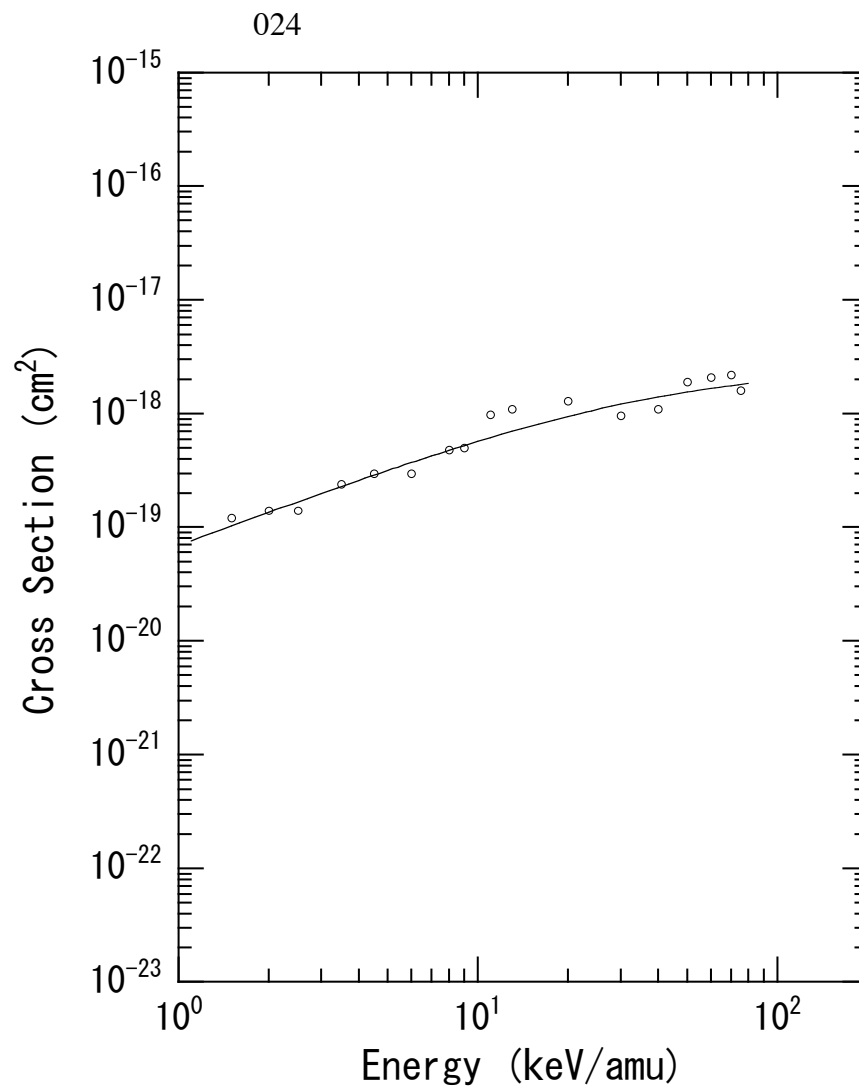
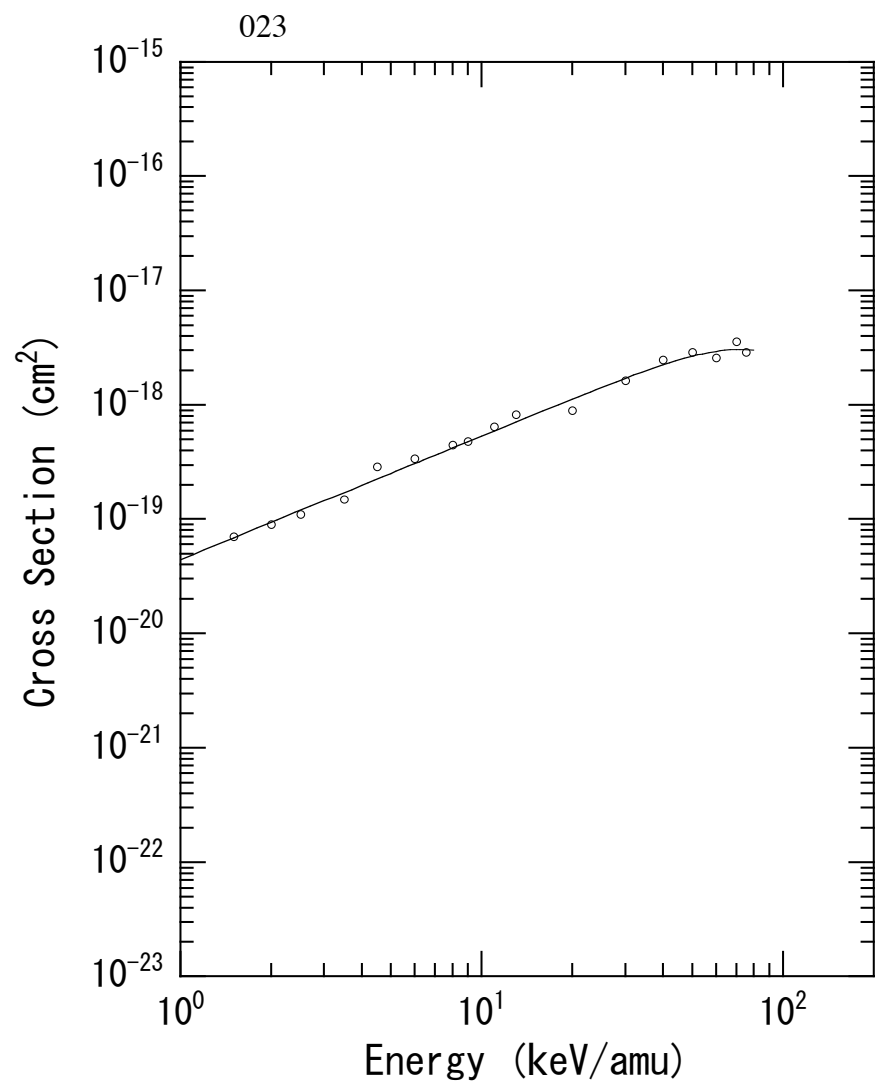
ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面積の実験値と計算によるフィッティング結果



ヘリウム原子、イオン衝突における原子分子の反応断面 積の実験値と計算によるフィッティング結果

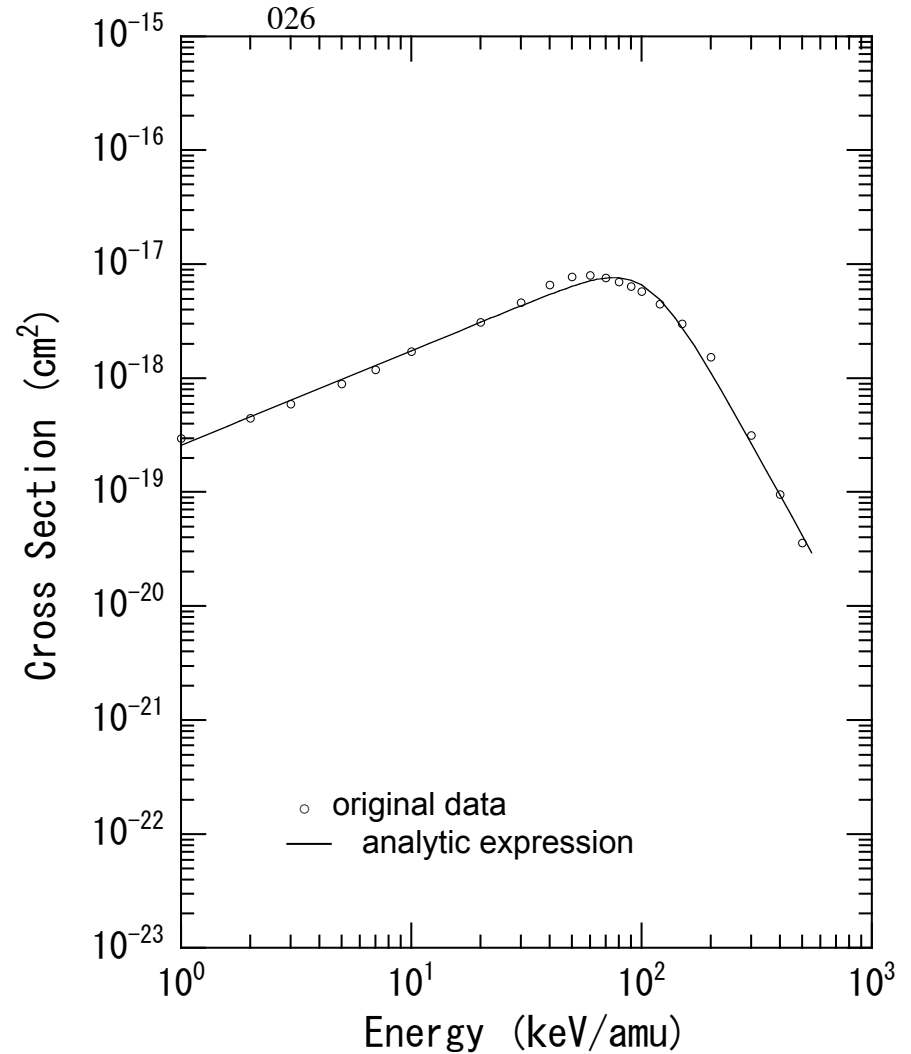
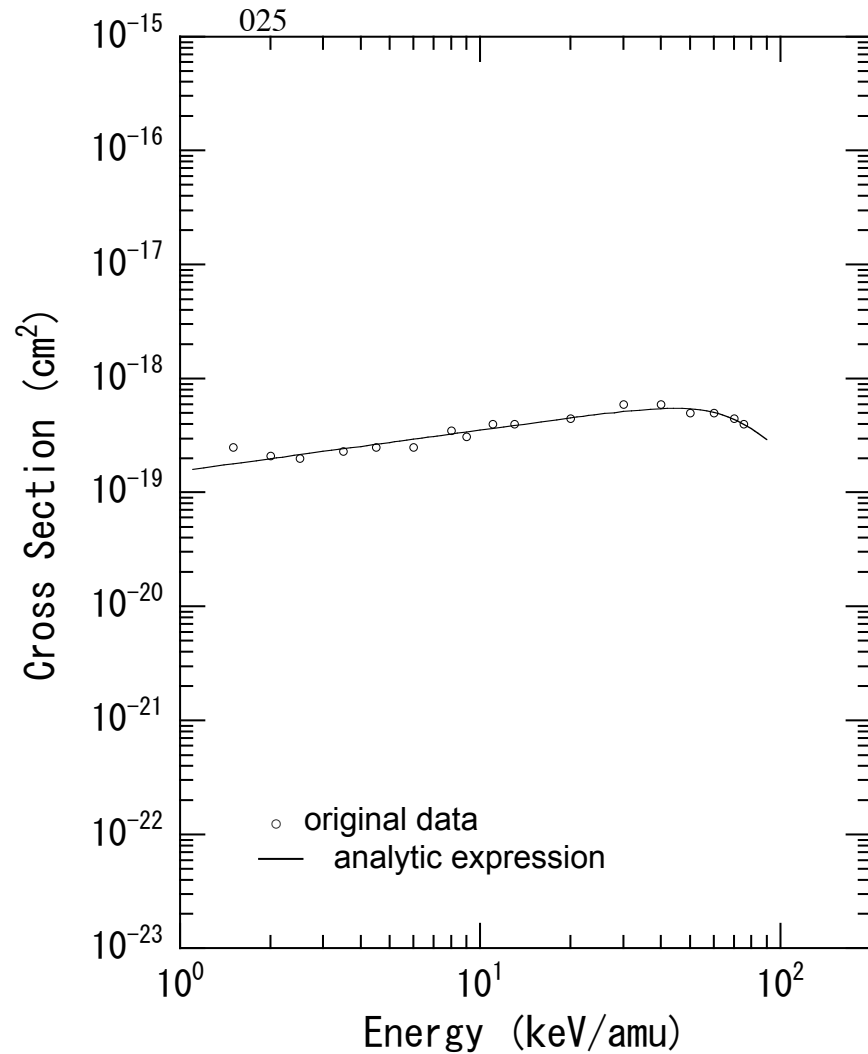


TABLE. Parameters of the Analytic Expressions for He Ion and Atom in Collisions with Atoms and Molecules

No.	E_{min}	E_{max}	d_{rms}	d_{max}	E_{dmax}	ER	E_{th}	m	n	$(a_i, i=1, 2, 3, \dots, n)$							
001	2.71E+01	1.32E+02	10.3	20.5	2.71E+01	9.927E+01	0.000E+00	4	4	6.390E-01	1.000E-01	5.180E+01	3.690E+00				
002	2.71E+01	1.32E+02	4.4	5.4	3.25E+01	9.927E+01	0.000E+00	4	4	3.238E-01	1.000E-01	4.212E+01	3.280E+00				
003	2.71E+01	1.32E+02	24.3	51.9	2.71E+01	9.927E+01	0.000E+00	4	4	1.728E-01	1.000E-01	6.803E+01	4.341E+00				
004	2.71E+01	1.32E+02	12.0	22.7	4.29E+01	9.927E+01	0.000E+00	4	4	9.612E-02	1.000E-01	5.457E+01	4.311E+00				
005	2.71E+01	1.32E+02	24.8	42.4	3.25E+01	9.927E+01	0.000E+00	4	4	1.896E-02	1.000E-01	5.267E+01	4.893E+00				
006	1.40E+01	2.40E+02	331.7	591.8	1.00E+02	9.927E+01	0.000E+00	4	4	4.065E-01	1.000E-01	8.107E+01	-4.267E+00				
007	1.40E+01	2.40E+02	80.9	156.8	2.00E+02	9.927E+01	0.000E+00	4	4	1.359E-01	1.000E-01	7.086E+01	3.240E+00				
008	1.40E+01	2.40E+02	149.0	308.2	2.00E+02	9.927E+01	0.000E+00	4	4	2.160E-01	1.000E-01	7.086E+01	3.240E+00				
009	1.40E+01	2.40E+02	69.1	99.7	1.70E+02	9.927E+01	0.000E+00	4	4	6.566E-02	1.000E-01	6.071E+01	4.359E+00				
010	1.40E+01	2.40E+02	88.7	99.9	1.70E+02	9.927E+01	0.000E+00	4	4	1.901E-02	1.000E-01	5.828E+01	4.570E+00				
011	1.60E+00	2.40E+01	374.3	1033.0	2.00E+01	9.927E+01	0.000E+00	4	6	3.113E+01	1.699E+00	1.603E+03	2.392E+00	3.877E-03	7.878E-03		
012	1.50E+00	3.40E+01	82.4	96.9	2.00E+00	9.927E+01	0.000E+00	3	5	-1.197E+01	2.026E+00	3.159E+01	-1.460E-01	-2.370E-01			
013	1.50E+00	3.40E+01	95.0	99.7	2.00E+00	9.927E+01	0.000E+00	3	5	-4.397E+00	2.449E+00	3.110E+01	-1.824E-01	-3.002E-01			
014	1.00E-01	6.00E+00	537.0	1017.4	1.10E+00	9.927E+01	0.000E+00	4	4	7.084E+03	1.534E+00	5.378E-01	3.476E-01				
015	2.00E-01	4.00E+00	168.9	434.4	3.70E+00	9.927E+01	0.000E+00	3	2	1.496E+04	2.607E+00						
016																	
017	6.00E-01	4.00E+00	71.6	90.8	6.00E-01	9.927E+01	0.000E+00	3	2	5.817E+01	1.660E+00						
018	6.00E-01	4.00E+00	270.2	552.6	1.80E+00	9.927E+01	0.000E+00	3	2	3.260E+02	1.482E+00						
019	1.10E+00	9.00E+01	78.5	178.8	1.80E+00	9.927E+01	0.000E+00	3	5	8.490E+00	1.213E+00	3.337E+01	-2.740E-01	6.686E-02			
020	1.10E+00	9.00E+01	92.6	98.7	1.00E+01	9.927E+01	0.000E+00	3	5	-4.980E-01	1.406E+00	6.756E+01	-2.284E-01	-4.376E-02			
021	1.10E+00	9.00E+01	98.8	99.7	4.00E+00	9.927E+01	0.000E+00	3	5	-1.405E-01	1.556E+00	5.772E+01	-1.429E-01	-1.336E-01			
022	1.10E+00	9.00E+01	99.1	99.9	1.00E+01	9.927E+01	0.000E+00	3	5	-1.238E-01	1.999E+00	6.036E+01	-1.839E-01	-4.827E-02			
023	1.00E+00	8.00E+01	99.0	99.9	4.00E+00	9.927E+01	0.000E+00	4	4	6.430E-02	1.084E+00	9.005E+01	2.166E+00				
024	1.10E+00	8.00E+01	99.2	99.8	4.00E+00	9.927E+01	0.000E+00	4	4	7.450E-02	1.014E+00	3.598E+01	1.599E-05				
025	1.10E+00	9.00E+01	99.5	99.9	9.00E+01	9.927E+01	0.000E+00	4	4	8.066E-03	3.586E-01	7.906E+01	3.640E+00				
026	1.00E+00	5.50E+02	125.6	553.6	2.00E+02	9.927E+01	0.000E+00	4	4	1.170E-01	8.299E-01	1.055E+02	3.655E+00				

今後の予定

- データの経験式化
 - .他に JAEA から新しいデータの提供があれば取り組む
- He 入射の場合の JAEA Report の完成(前担当者の協力を仰ぐ)
 - b. 図の作成
(グラフのテンプレート作成は本年度完成させているので、前任者の求めたフィッティングパラメータを用いた関数データの取得とそのグラフ化をおこなう)

Acknowledgments

- 本調査の推進にあたってご指導とお世話いただいた原子力機構の核融合研究開発部門トカマク実験グループ仲野友英博士、に厚くお礼を申し上げます。また、経験式のフィッティング方法の引継ぎから手法にいたるまで貴重な時間をさいてご指導いただいた本調査前任者の多幡達夫博士に感謝いたします。