

# SRIMfit サンプル紹介

## Update Log :

2017.05/27 ver.3.00 マクロとWS分離に伴う変更。

2017.03/21 ver.2.12 ver.211 から転記。関数リストなど追加。

# サンプルワークシートの紹介

サンプル紹介

File名: **sr\_eg\_AddIn.xlsx** Sheet名: **eg21**

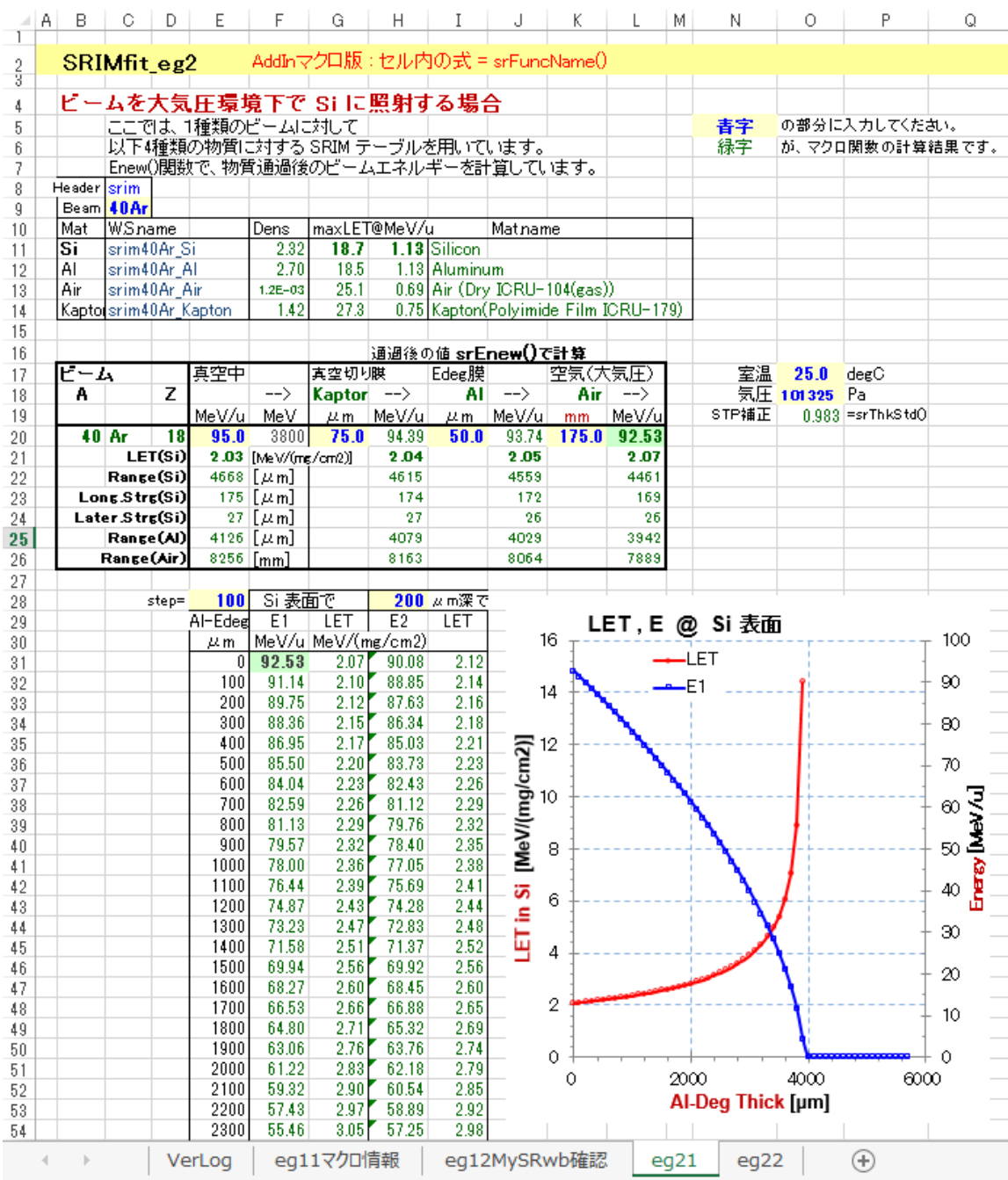
物質 通過「後」のエネルギー計算の例です。

40Arビームが、Si, Al, Air, Kapton を通過する場合のエネルギー変化を計算するシートです。

固体物質通過後の計算には **srEnew()** 関数、

気体物質通過後の計算には **srEnewGas()** 関数

を用いています。



File名: **sr\_eg\_AddIn.xlsx** Sheet名: **eg22**

物質 通過「前」のエネルギー計算の例です。

84Krビームが、Au, Kapton, Mylar, PLシンチ, エネルギー減衰板(AI), 空気を通過してから、試験サンプル(Si)に照射される場合を考えます。

サンプルの 100  $\mu\text{m}$ 深さで LET=14 になるようにしたいとします。

その時、元のビームエネルギー(加速器からのビームエネルギー)は、いくつである必要がありますか？

といった問題を計算するためのエクセルシートです。

物質通過「前」のエネルギー計算には

srEold(), srEoldGas() 関数を用意してあります。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25																								
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31																								

File名: E5A照射01\_ビーム希望表.xlsx

Sheet名: ビーム希望表

## 半導体チップなどの照射試験計画をたてる時の、ビームエネルギー要望書の作成

84Kr ビームを、Si チップに照射し、感応領域深さ 50  $\mu$  に於けるLET を指定 したいと思います。  
 また、照射時にチップの 照射角度  $\theta$  を変化させて、同じLETにしたいです。  
 このような照射条件に適合するような、微妙なエネルギー調整をしてください！

と、理研に要望する時に使って下さい。

そのようなビームが実際に用意できるかどうかは別として。

HYPERLI... : X ✓ fx =srLETt2Eh(\$B\$16,L14,0)															
ビームエネルギー 計算表															
チップ表面で				感応領域位置で				DO							
ビーム設定希望値				(チップ表面からの 深さ =				50 $\mu$ m と仮定)							
(参考)				[注1]				[注2]							
照射 イオン 核種	エネルギー		表面	飛行	照射角度	感応領域深さ	エネルギー	深さD		残りの 飛行	角度換算		LET大		
	E0	LET0(Si)	RO(Si)	RO(Si)		(角度換算)		LET $\Phi$ (Si)	RO(Si)		等価LET	LET $\Phi$ (Si)			
	MeV	MeV/u	$\mu$ m	$\mu$ m	$\theta$	D1	E1	MeV	MeV/u	$\mu$ m					
14	84Kr	752.4	8.957	32.68	92.09	0	50.0	333.3	=srLETt2Eh(\$B\$16,L14,0)	39.82	42.09	39.82	LET大		
15	WSname=	904.1	10.768	30.30	112.80	45	70.7	333.3	3.968	39.82	42.09	56.31			
16	srIm84Kr_Si	1100.5	13.101	27.58	142.09	60	100.0	333.3	3.968	39.82	42.09	79.64			
17	A=84	1307.0	15.559	25.14	175.92	0	50.0	994.3	11.837	29.00	125.92	29.00	LET中1		
18	Z=36	1424.6	16.959	23.92	196.63	45	70.7	994.3	11.837	29.00	125.92	41.01			
19		1582.1	18.834	22.44	225.92	60	100.0	994.3	11.837	29.00	125.92	58.00			
20		2665.7	31.734	16.22	475.81	0	50.0	2474.1	29.453	17.00	425.81	17.00	LET中2		
21		2744.4	32.672	15.91	496.53	45	70.7	2474.1	29.453	17.00	425.81	24.04			
22		2849.7	33.925	15.54	525.81	60	100.0	2474.1	29.453	17.00	425.81	34.00			
23		3860.1	45.954	12.66	838.31	0	50.0	3711.9	44.189	13.00	788.31	13.00	LET小		
24		3920.8	46.676	12.53	859.02	45	70.7	3711.9	44.189	13.00	788.31	18.38			
25		4006.2	47.692	12.34	888.31	60	100.0	3711.9	44.189	13.00	788.31	26.00			
[注1] 感応領域深さ(角度換算) D1 は、( 50 $\mu$ m / cos $\theta$ ) で表しています。															
[注2] 角度換算 等価 LET $\Phi$ は、( LET $\Phi$ / cos $\theta$ ) で表しています。 LET 単位は [ MeV/(mg/cm2) ] です。															
[ 深さ D0 で、LETmax にするには ] $\theta$ を指定															
		993.5	11.828	29.01	125.81	60	100.0	180.0	2.143	maxLET 値	41.00	25.81	82.00		
( 表計算の使い方 ) 表中で、青字(太字)部分: の数字を入力して下さい。															

[ 表中の計算式 には、次のような関数を用いて記述してあります ]

E1 [A.MeV] = srLETt2Eh ( srIm84Kr\_Si , LET $\Phi$  , 0 )

E0 [A.MeV] = srEold ( srIm84Kr\_Si , E1 , D1 )

LET [MeV/(mg/cm2)] = srE2LETt ( srIm84Kr\_Si , E , 0 )

R(Si) [  $\mu$  m ] = srE2Rng ( srIm84Kr\_Si , E )

max LET [MeV/(mg/cm2)] = srMaxLETt ( srIm84Kr\_Si , 0 )

File名: E5A照射01\_ビーム希望表.xlsx

Sheet名: LET範囲指定

ビームを大気圧環境に取り出して照射する時、希望するLET調整が可能かを見積もるシートです

40Kr、84Kr ビームなどを、E5Aコースに常設の

Au散乱膜, Kapton真空切り膜, 空気, Mylar製電離箱, PLシンチレータ, エネルギー減衰板(AI)を通過させてから、試験サンプル(Si)に照射される場合を考えます。

その時、各通過物質により、ビームエネルギーが減衰し、試料中の飛程が減少して行く過程、また、希望するLET値を、試料表面、試料深さ50  $\mu\text{m}$  で実現させるためには、エネルギー減衰板の厚さをどの様に設定すべきか？

といった計算を、理研側がデザインする時に使っています。

重いビームの場合、ビームが通過する物質を極力減らせるよう、この表をニラんで考えてます。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V				
LET調整範囲推定																						今までに E5Aコースで実測したセットアップ の値を、Au,Kapton,~Air2 の欄に入力してあります。			
Matr1 Au		Matr2 Kapton		Matr3 Mylar		Matr4 EJ212		Matr5 Al		Matr6 Si		Matr7 Air		BmMon Thick		WSnam		WSnam							
73.0 μm		75.0 "		24.0 "		72.0 "		500.0 "		145.0 mm		160.0 mm		73.0 μm		75.0 "		24.0 "		72.0 "					
srin40Ar_Au		srin40Ar_Kapton		srin40Ar_Mylar		srin40Ar_EJ212		srin40Ar_Al		srin40Ar_Si		srin40Ar_Air		srin84Kr_Au		srin84Kr_Kapton		srin84Kr_Mylar		srin84Kr_EJ212					
100.0 "		145.0 mm		160.0 mm										100.0 "		145.0 mm		160.0 mm		srin84Kr_Al					
from) params																						from) params			
40Ar		A=40 Z=18		84Kr		A=84 Z=36																			
95.00		ExpR:実測		3260		<-2016.10		70.00		ExpR:実測		970		<-2017.03											
-1.55		ΔExpR		0				-2.00		ΔExpR		3													
E		LET		R Si		R Al		R air		LET		E		LET		R Si		R Al		R air					
MeV/u		in Si		μm		μm		mm		in air		MeV/u		in Si		μm		μm		mm					
in Vacc		93.53		2.06		4542		4014		7900		2.26		68.60		9.61		1591		1405					
aft Au		88.938		2.14		4167		3684		7247		2.35		61.818		10.33		1341		1189					
aft Kap		88.287		2.15		4114		3637		7154		2.36		60.279		10.51		1287		1143					
aft IC1		88.081		2.15		4097		3622		7125		2.37		59.803		10.56		1270		1128					
aft PLmyl		87.462		2.16		4047		3577		7037		2.38		58.802		10.69		1237		1098					
aft PL		83.911		2.23		3774		3333		6554		2.46		57.149		10.91		1184		1049					
aft Air1		82.845		2.25		3693		3260		6409		2.48		54.611		11.25		1103		973					
照射位置で																									
aft Air2:Si表面		81.669		2.27		3602		3179		6249		2.51		51.640		11.71		1010		890					
aft Si深さ		81.008		2.29		3552		3135		6161		2.52		50.022		11.97		960		847					
Si表面で		Al μm												Edeg		Al μm									
LET調整 1		1480		56.605		3.0		1922		1699		3328		3.32		195		44.189		13.0					
LET調整 2		2830		21.398		6.0		397		349		676		6.60		515		29.453		17.0					
LET調整 3		3110		6.761		12.0		79		69		130		13.69		780		11.837		29.0					
LET調整 4		3159		2.044		18.0		22		20		34		20.81		848		4.614		39.0					
maxLET		3167		1.125		18.7		14		12		21		24.17		868		2.143		41.0					
Si深50 μm で																									
LET調整 1		1437		57.427		3.0		1972		1742		3413		3.29		151		45.954		13.0					
LET調整 2		2785		23.097		6.0		447		393		763		6.25		471		31.734		17.0					
LET調整 3		3066		9.891		12.0		129		113		214		11.25		736		15.559		29.0					
LET調整 4		3115		6.316		18.0		72		63		120		14.11		804		9.493		39.0					
maxLET		3123		5.684		18.7		64		56		105		14.75		824		7.446		41.0					
ビーム希望表																						LET範囲推定			

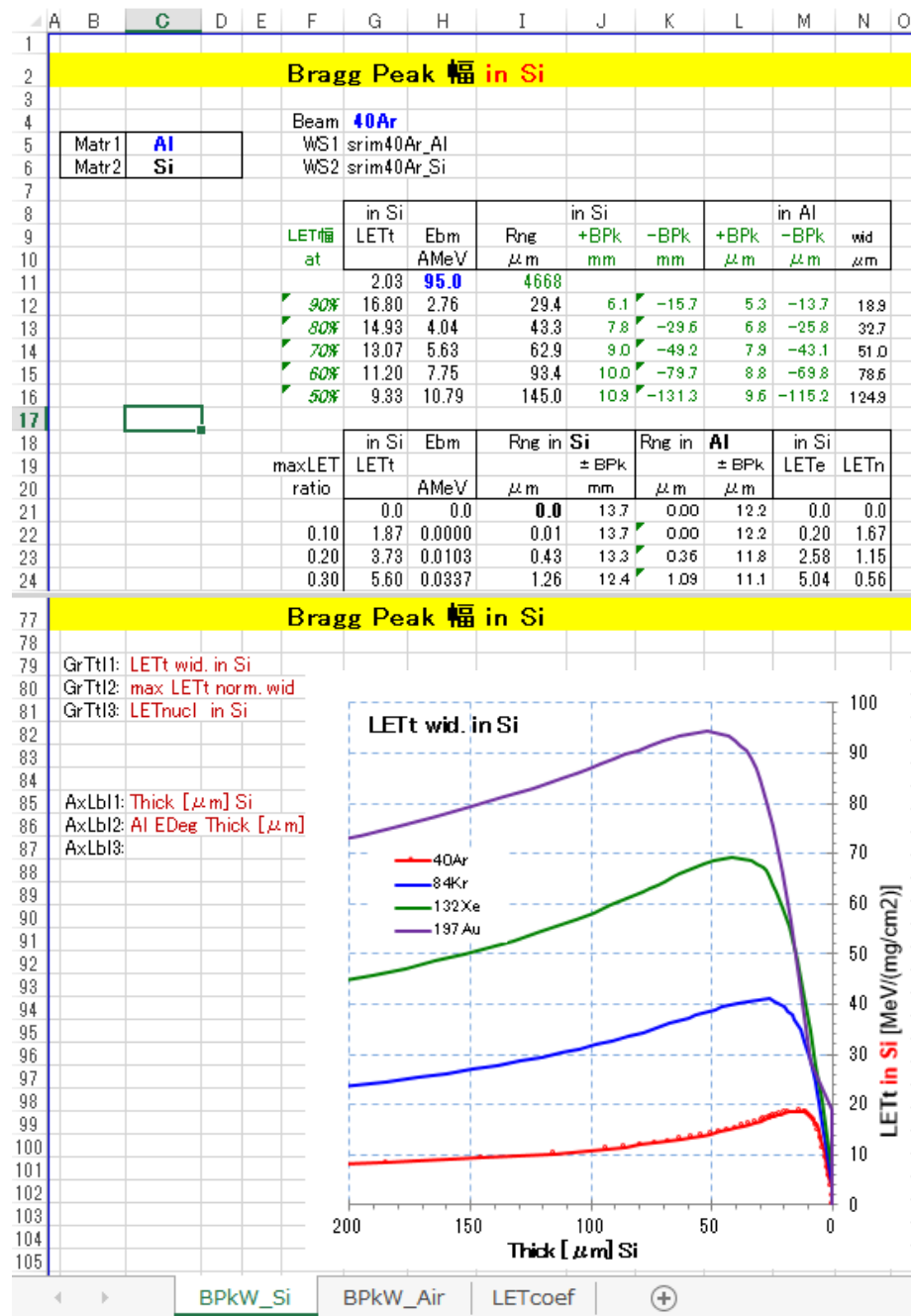
File名: E5A照射02\_計算ツール.xlsx

Sheet名: BpkW\_Si

Si チップ中でビームが停止する時、その Bragg Peak 幅を比較するシートです。

ビーム飛程(停止深さ)を揃えて、Ar, Kr, Xe, Au ビームの Bragg Peak を比較しています。  
LET調整を、Peak 近傍に合わせて行った場合、微妙な深さの違いで、LET値が大幅に変化します。  
その変化率は、ビーム核種によって異なりますので、注意が必要です。

sr\*() 関数をうまく使うと、停止位置を揃えてプロットするための数値表 などを簡単に作れます。



File名: E5A照射02\_計算ツール.xlsx

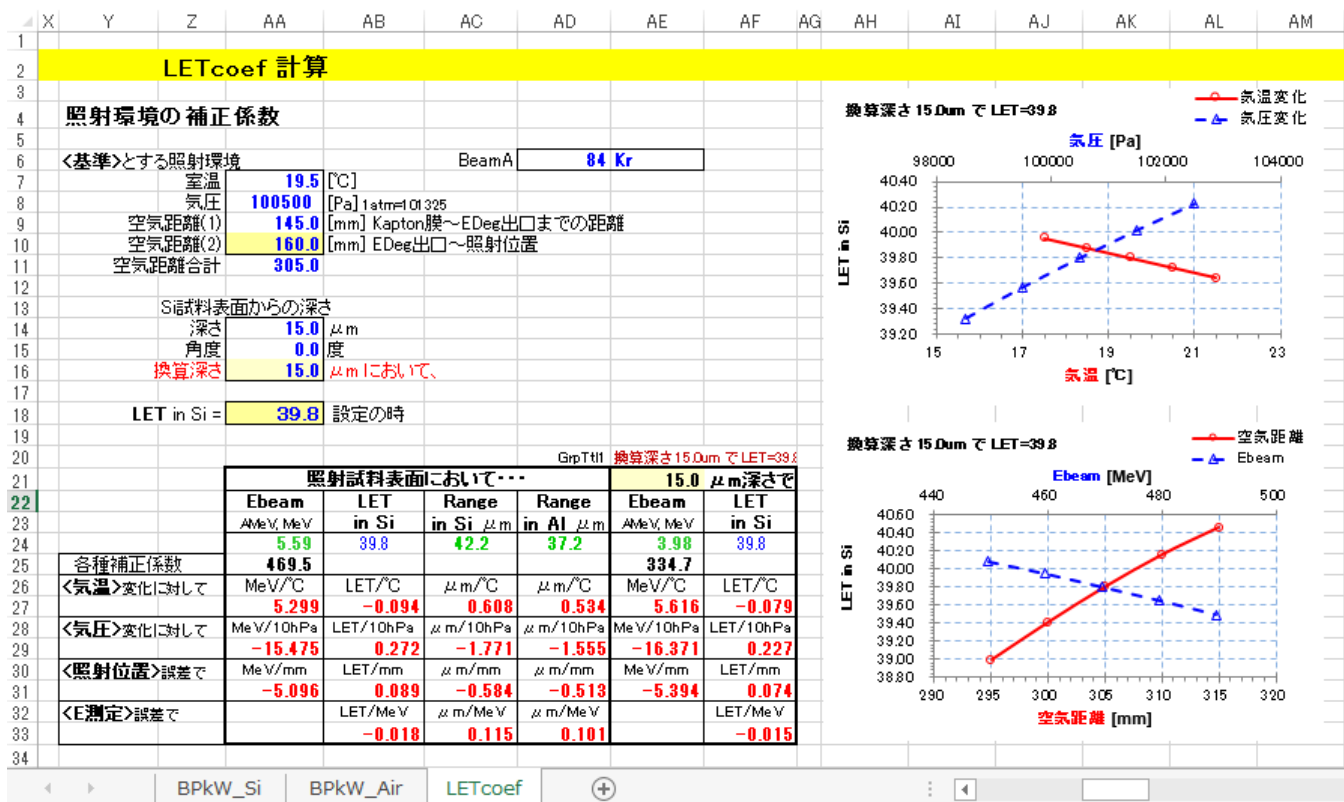
Sheet名: LETcoef

大気圧環境下の照射で、気温・気圧・照射位置などが変化した場合の計算シートです。

Kr ビームを、大気圧環境下で Si 試料に照射しています。

- 照射期間中に、台風が接近してきて、**気圧**や**室温**が変化した場合、
  - 試料の **照射位置** を数mm 間違えて照射してしまった場合、
  - 加速器から供給されている**真空中のビームエネルギー**がふらつした場合、
- 予定していたLET値がどれほど変化するだろう？

という心配を持たれている方は、この表でチェックしておいてください。





File名: E5A照射03\_EDeg設定 Kr用.xlsx

Sheet名: ED設定

大気圧環境下の照射で、エネルギー減衰板の厚さを決める計算のシートです。

E5Aコースには、常設のAl製エネルギー減衰板(EDeg)が11枚あります。

Si 試料表面 or 深さ 50  $\mu$ m で、希望するLET に最も近くなるEDeg 板の 厚さ組合せを、2<sup>12</sup>(12)通りの中から選びなさい!と、いきなり言われても困るので、利用者にこの表をお渡しして  
組合せを決めて頂くようにしております。

Edeg Deg#	採用 $\mu$ m	秤量 $\mu$ m
1	10.20	10.10~10.33
2	12.80	12.80
3	23.80	23.80
4	48.59	48.59
5	100.24	100.24
6	100.80	100.80
7	196.39	196.39
8	485.95	485.95
9	5000	5000
A	5.48	5.48
B	975.39	975.39
C	2000	2000

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
38																				
39																				
40																				
41																				
42																				
43																				
44																				
45																				
46																				
47																				
48																				
49																				
50																				
503																				
504																				
505																				
506																				



# サンプルワークシートの紹介（マニアック編）

マニアックサンプル

File名: **sr\_eg\_AddIn.xlsx** Sheet名: **eg11マクロ情報**

SRIMfit が マクロファイルとして動作している情報 を表示するシートです。

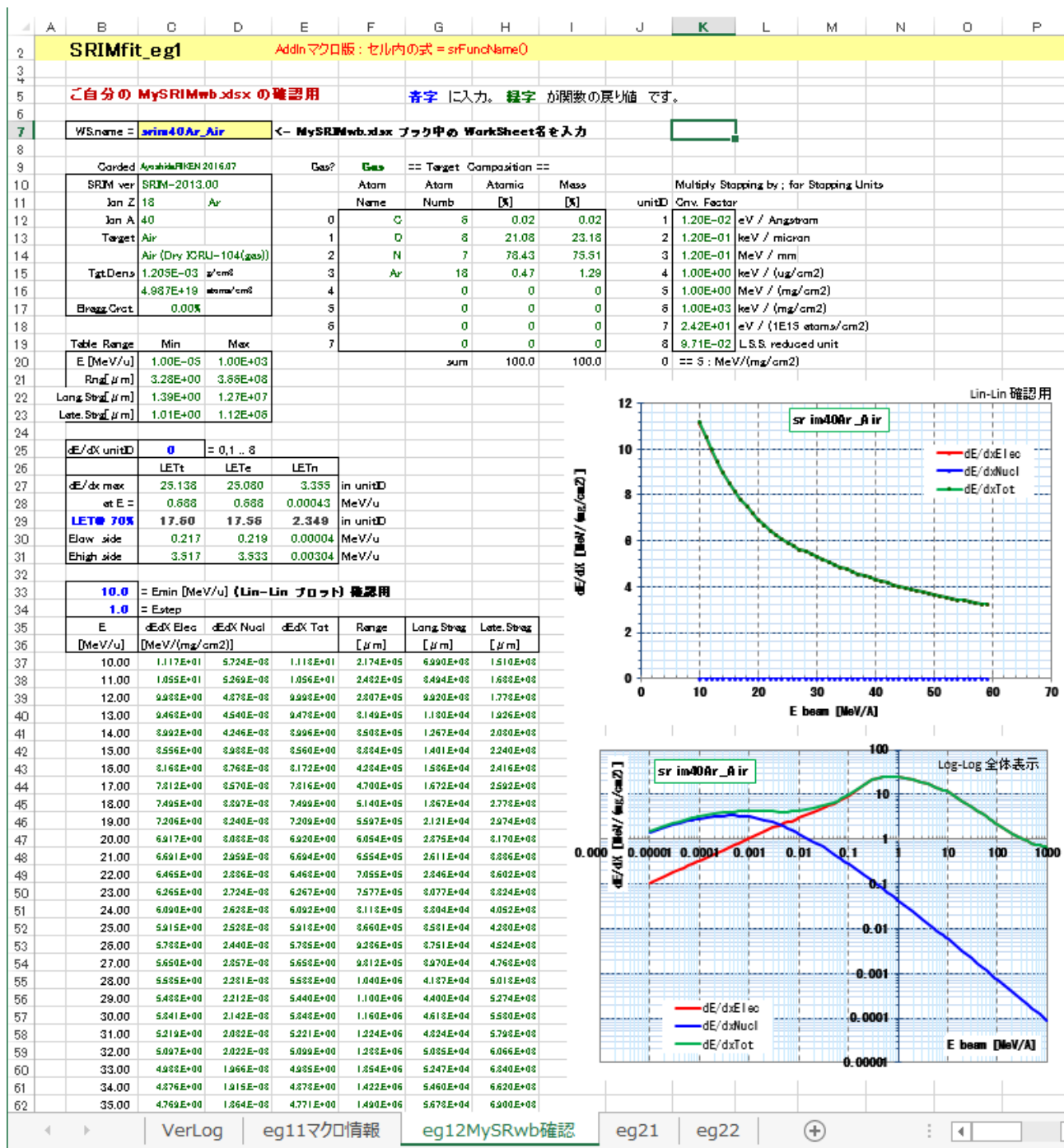
MySRIMwb は、ご自分の用途に合わせて、SRIM-2013 の Output から簡単に作成できます。  
これをデータベースとして読み込んで、各種の SRIMfit 関数が値を返します。  
この確認シートでは、MySRIMwbに記述した値を、ほぼそのまま表示することで、  
内容の確認を行うことができます。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
41												
42												
43												
44												
45												
46												
47												
48												
49												
50												
51												
52												
53												
54												
55												
56												
57												
58												
59												
60												
61												
62												
63												
64												
65												
66												
67												
68												
69												
70												
71												
72												
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79												
80												
81												
82												
83												
84												
85												
86												
87												
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												
96												
97												
98												
99												
100												

File名: **sr\_eg\_AddIn.xlsx** Sheet名: **eg12MySRIMwb確認**

SRIMfit が読み込んでいる MySRIMwb.xlsx の内容を確認するシートです。

MySRIMwb は、ご自分の用途に合わせて、SRIM-2013 の Output から簡単に作成できます。  
これをデータベースとして読み込んで、各種の SRIMfit 関数が値を返します。  
この確認シートでは、MySRIMwb に記述した値を、ほぼそのまま表示することで、  
内容の確認を行うことができます。

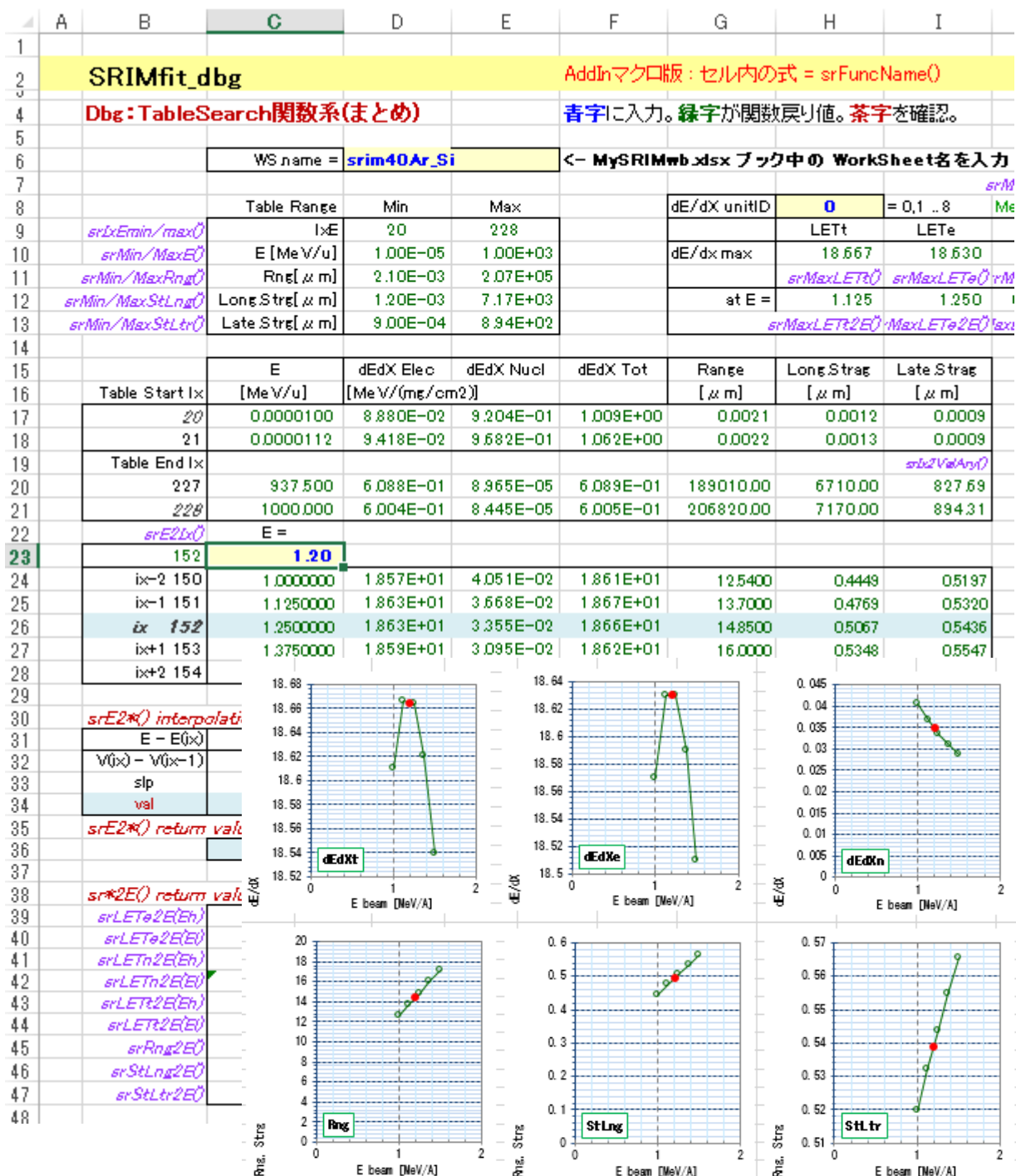


File名: sr\_dbg1\_AddIn.xlsx

Sheet名: dbg10

## 関数デバッグシート: Table Search 関数 の 内部動作確認

sr\*( ) 関数は、MySRIMwb の数値表を読み込んで、2点間の直線近似で値を求めています、その内挿計算は正しいかを検算しています。  
内挿点とその前後±2点のグラフを見ることで、SRIM-2013計算のE-binning の細かさが適当かを判断してください。

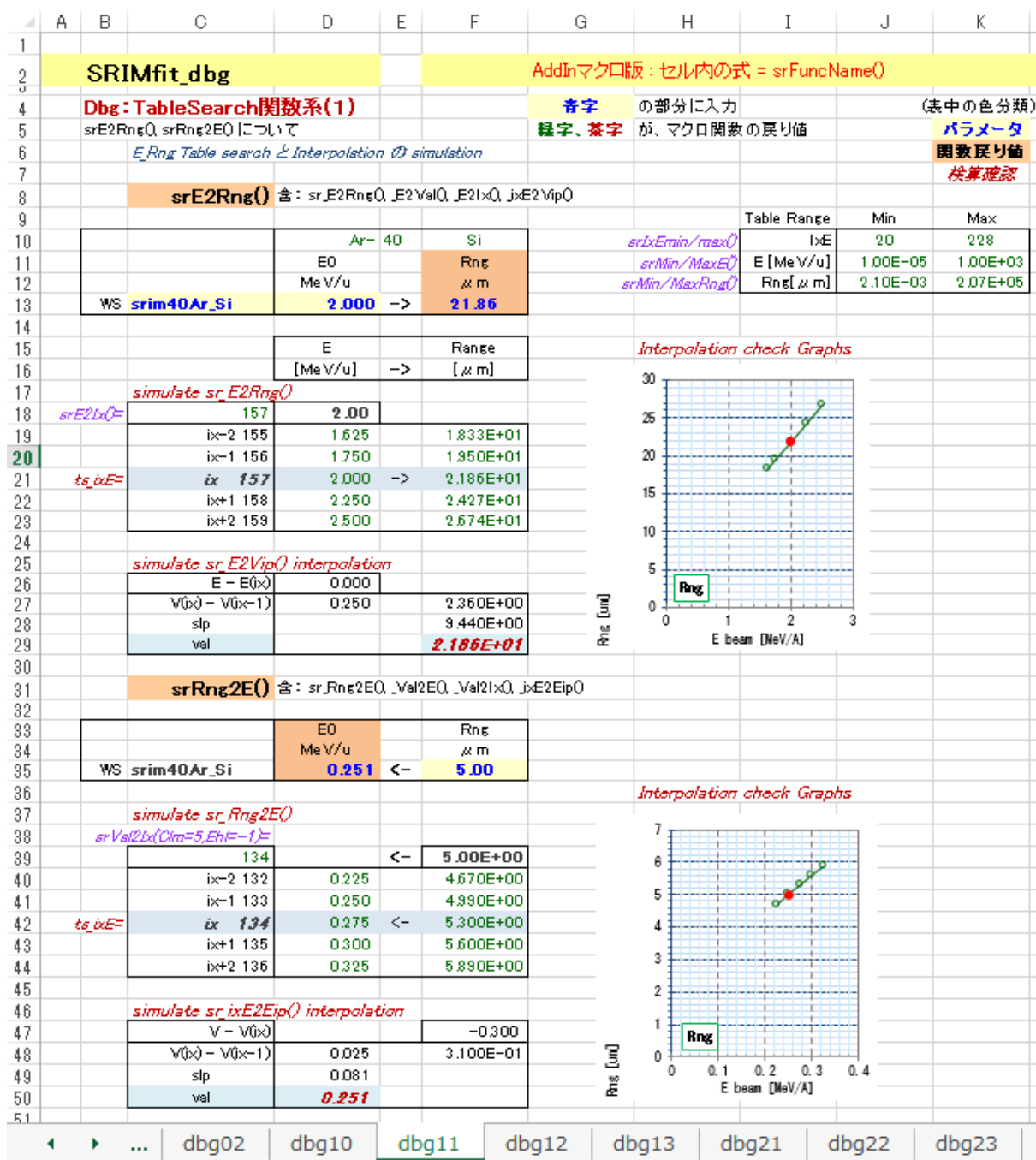


File名: sr\_dbg1\_AddIn.xlsx

Sheet名: dbg11

## 関数デバッグシート: srE2Rng() srRng2E() 関数 の 内部動作確認

この2つの関数は、srEnew() srEold() など各種の組合せ関数の基本となる関数です。  
内挿点とその前後±2点のグラフを見ることで、SRIM-2013計算のE-binningの細かさが適当かを判断してください。



File名: sr\_dbg1\_AddIn.xlsx

Sheet名: dbg12

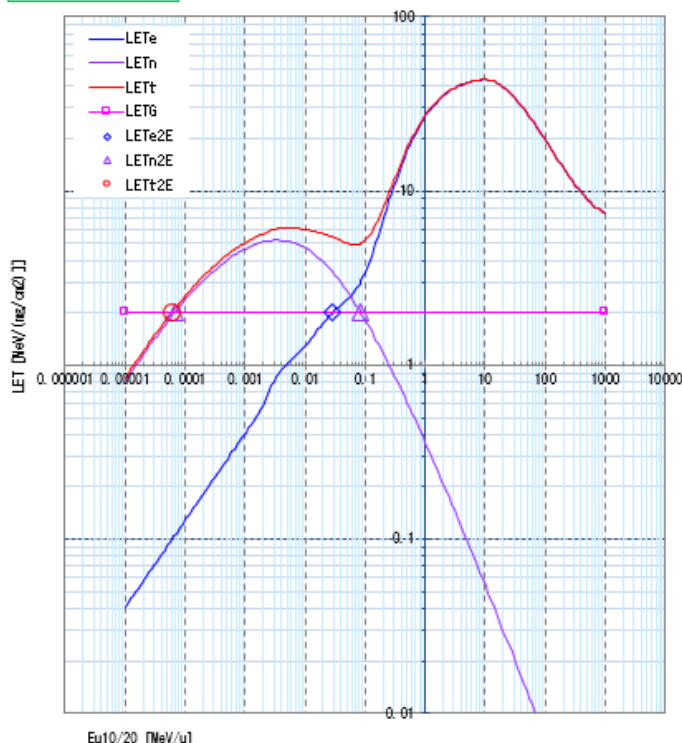
## 関数デバッグシート: srLET2E\* 関数 の 内部動作確認

この関数のように、dE/dX 数値表を検索する方向 (E-high側 | -low側から検索)を指定する場合、引数の指定値(LET値)によっては、解が無い場合があります。

グラフを見ながら、各々の WS によって、どのような場合に戻り値がエラーになっているかを確認できます。

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1								
2		<b>SRIMfit_dbg</b>	AddInマクロ版: セル内の式 = srFuncName()					
3								
4		<b>Dbg: TableSearch関数系(2)</b>				<b>赤字</b>	の部分に入力	
5		srLET2E()について				<b>緑字</b>	が、マクロ関数の戻り値	
6		含: srLET2E(), Fpk(), Val(), Jx2Eip()						
7								
8		<b>srLET*2E()</b>	#N/A になる理由を確認の事					
9								
10		WS <b>sr197Au_Au</b>					for Plot	ixEr
11								ixEn
12		LET_Goal =	2.00	[MeV/mg/cm2]		LETG	0.00001	2.000
13							1.000	2.000
14			Ei	Eh		LETe2E	0.03	2.000
15		srLETe2E() =	0.029	#N/A			#N/A	2.000
16		srLETn2E() =	0.000	0.085		LETn2E	0.00	2.000
17		srLETt2E() =	0.000	#N/A			0.08	2.000
18						LETt2E	0.00	2.000
19							#N/A	2.000

E\_LET Table search



この場合、  
 srLETn2E()  
 Nuclear Stopping逆引き関数  
 では、  
 E-low E-high 両側から検索しても  
 → 解あり  
 ですが、  
 srLETe2E()  
 Electric Stopping 逆引き  
 srLETt2E()  
 Total Stopping 逆引き  
 では、  
 E-high 側から検索すると  
 → 解なし #N/A を返す  
 ∴ Emax Range Over で表の範囲外  
 という状況が理解して頂けると  
 思います。

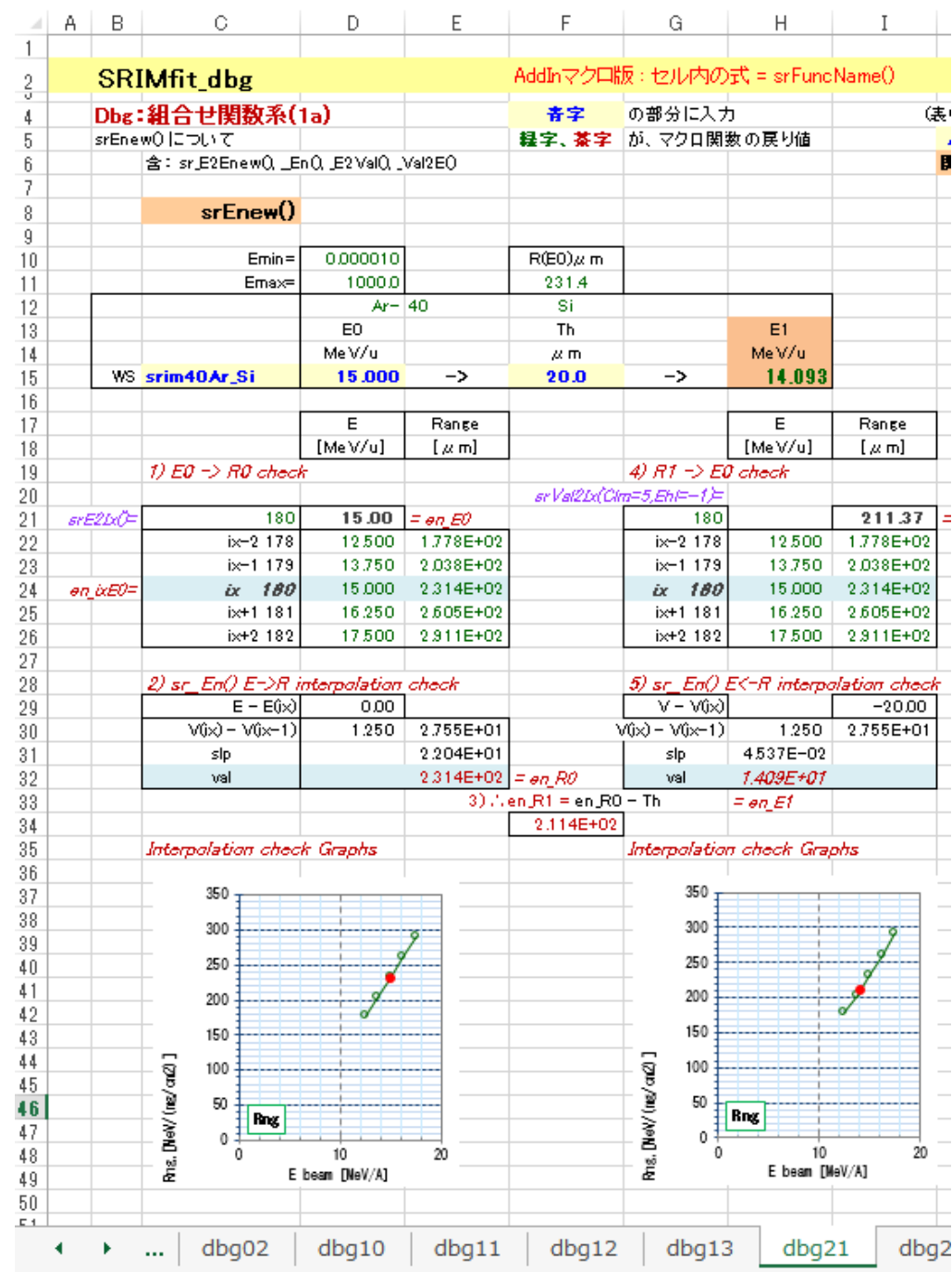
File名: sr\_dbg1\_AddIn.xlsx

Sheet名: dbg21

## 関数デバッグシート: srEnew() 関数 の 内部動作確認

この関数は、E2Rng()  $\leftrightarrow$  Rng2E() 関数を呼び出して、数値表を2度引き:正引き・逆引き します。  
その内部動作を、デバッグ関数を用いてシミュレートしています。

E vs Range 曲線は、単調関数で変化も穏やかですので、Enew() や Eold() 計算などを  
Range $\leftrightarrow$ E 変換の単純な直線内挿近似で代用しても、かなり良い結果が得られます。



File名: **sr\_dbg1\_AddIn.xlsx**Sheet名: **例えば dbg24****関数デバッグシート: 組合せ関数 の 内部動作確認 例) srEnew\_eq\_Th()**

組合せ関数の中には、関数名だけでは、関数の仕様を理解できない かもしれません。

関数のネーミングが下手ですみません。

表形式にして、その動作を説明しながら、デバッグ環境を作っておきました。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

**SRIMfit\_dbg** AddInマクロ版: セル内の式 = srFuncName()

**Dbg: 組合せ関数系(2)**

sr\*\_eq.\*0 関数の使い方と検算

ビーム違い、ターゲット材違いでも計算可

notation: Et = Total Energy[MeV] Eu = Energy per unit mass [MeV/u]

**赤字** の部分に入力

**緑字、茶字** が、マクロ関数の戻り値

**エラ** の理由表示

(表中の色分類)

**パラメータ**

**前提条件**

**求める条件**

**関数戻り値**

**検算確認**

srEnew_eq_Th()		Eu11 = 0 不許可. Th2が不定の為。				=maxLET*Th1	
maxLET [MeV/μm]	@ Eu10 [MeV/u]	R(Eu10) μm				max dEu1	max dEt1
21.9	4.06	22.2				2.468	486.12
	Au- 197	Si					
Et10 [MeV]	Eu10	Th1		Eu11 ≤ 0	Et11	dEu1	dEt1
197.0	MeV/u	μm		MeV/u	MeV	MeV/u	MeV
WS(1) <b>sr197Au_Si</b>	<b>1.0</b> →	<b>22.2</b> →		<b>0.000</b>	0.00	1.000	197.000
maxLET	@ Eu20	R(Eu20)				max dEu2	max dEt2
5.0	1.13	11.2				#N/A	#N/A
	Ar- 40	Al					
Et20	Eu20= Eu10	Th2		Eu21= Eu11	Et21	dEu2=dEu1	dEt2
40.0	1.0 →	<b>#N/A</b> →		<b>#VALUE!</b>	<b>#VALUE!</b>	<b>#VALUE!</b>	<b>#VALUE!</b>
WS(2) <b>sr40Ar_Al</b>				<b>#VALUE!</b>			

この例の場合、Eu11 ≤ 0 というエラー条件が発生したので、戻り値が #N/A になっています。

エラーが発生する条件を、表にまとめてありますので、試してみてください。

(( Error Return ))		return	err#		
Eu10	Th1	Th2=	eq_rV	reason	
≤ 0	any	= #NUM!	--		
any	< 0	= #NUM!	--		
> Emax	any	= #N/A	= -1		
--	--	= #N/A	= -2	Eu11 ≤ 0 'Th1 becomes indefinite	Bm1 がTh1を通過後に停止
--	--	= #N/A	= -3	但しEnewt_eq_の場合は、Eu11=0も許可。Th1 が一意に定まるので。	Bm1 のTh1通過後の全エネルギー
--	--	= #N/A	= -4	Et11 > Et20 (when Enewt_eq_)	
--	--	= #N/A	= -8	R20 < R21 [never?]	
--	--	= #N/A	= -9	WS1 out of Rng(E) table [never]	WS1 Rng(E) テーブル範囲外
--	--	= #N/A	= -9	WS2 out of Rng(E) table	WS2 Rng(E) テーブル範囲外
any	= 0	= 0		OK 'Eu20=Eu10	

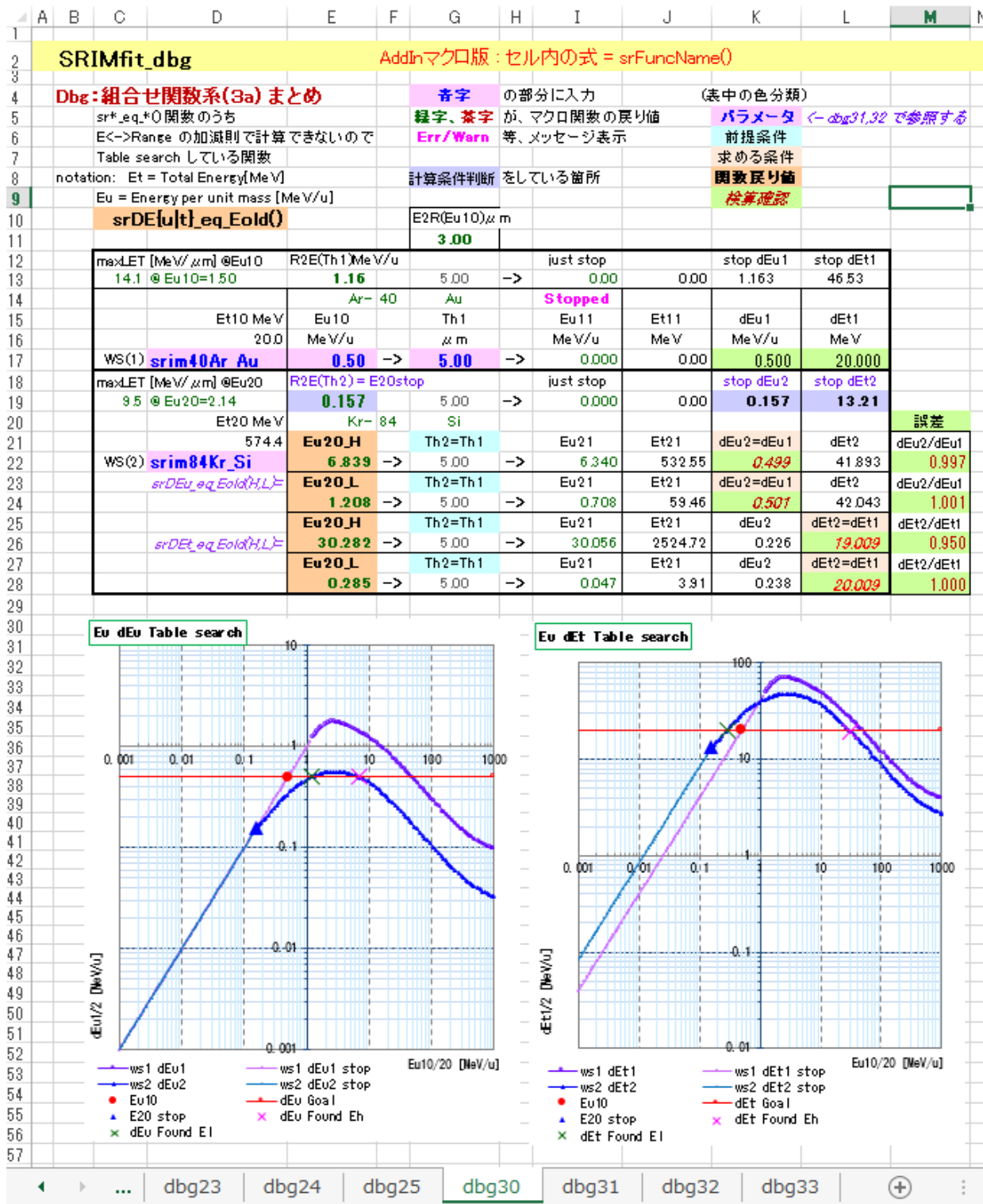


File名: sr\_dbg1\_AddIn.xlsx

Sheet名: dbg30

## 関数デバッグシート: 組合せ関数 srDE[u]t\_eq\_Eold() の 内部動作確認

この関数では、数値表検索を行う過程で **E vs (Th通過時の) dE 計算** を繰り返しながら解を求めます。  
その計算過程が理解できるように、広い E 範囲 での E vs dE グラフを作って説明しています。



File名: **sr\_dbg1\_AddIn.xlsx**Sheet名: **dbg31**関数デバッグシート: 組合せ関数 **srDEu\_eq\_Eold()** の 内部動作確認

この関数では、数値表検索を行う過程で **E vs (Th通過時の) dE 計算** を繰り返しながら解を求めるのですが、その過程で**誤差が生じます**。

検索過程において随時算出される E vs dE グラフ に於いては、正しく直線近似の内挿が行われているのですが、2つのWSで指定されている核種vs標的の E vs Range テーブルの細かさ具合によっては、この誤差が回避できません。 という事を了解して頂けるかなあ。。

