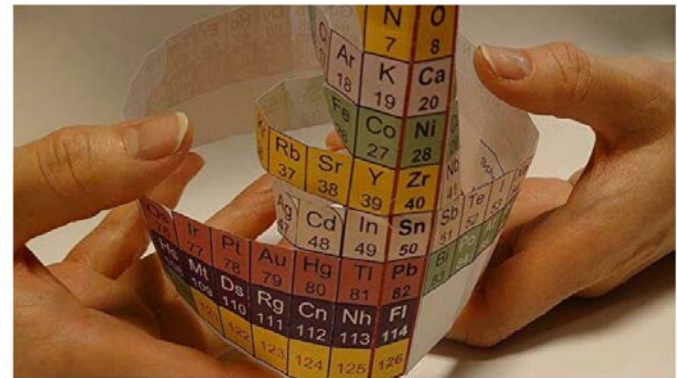


原子核の元素周期表

萩野浩一 前野悦輝
京都大学理学研究科

1. 元素の周期表と電子の殻構造
2. 原子核の殻構造
3. 原子核の周期表
4. マジックな偶然
5. 教育的な意義

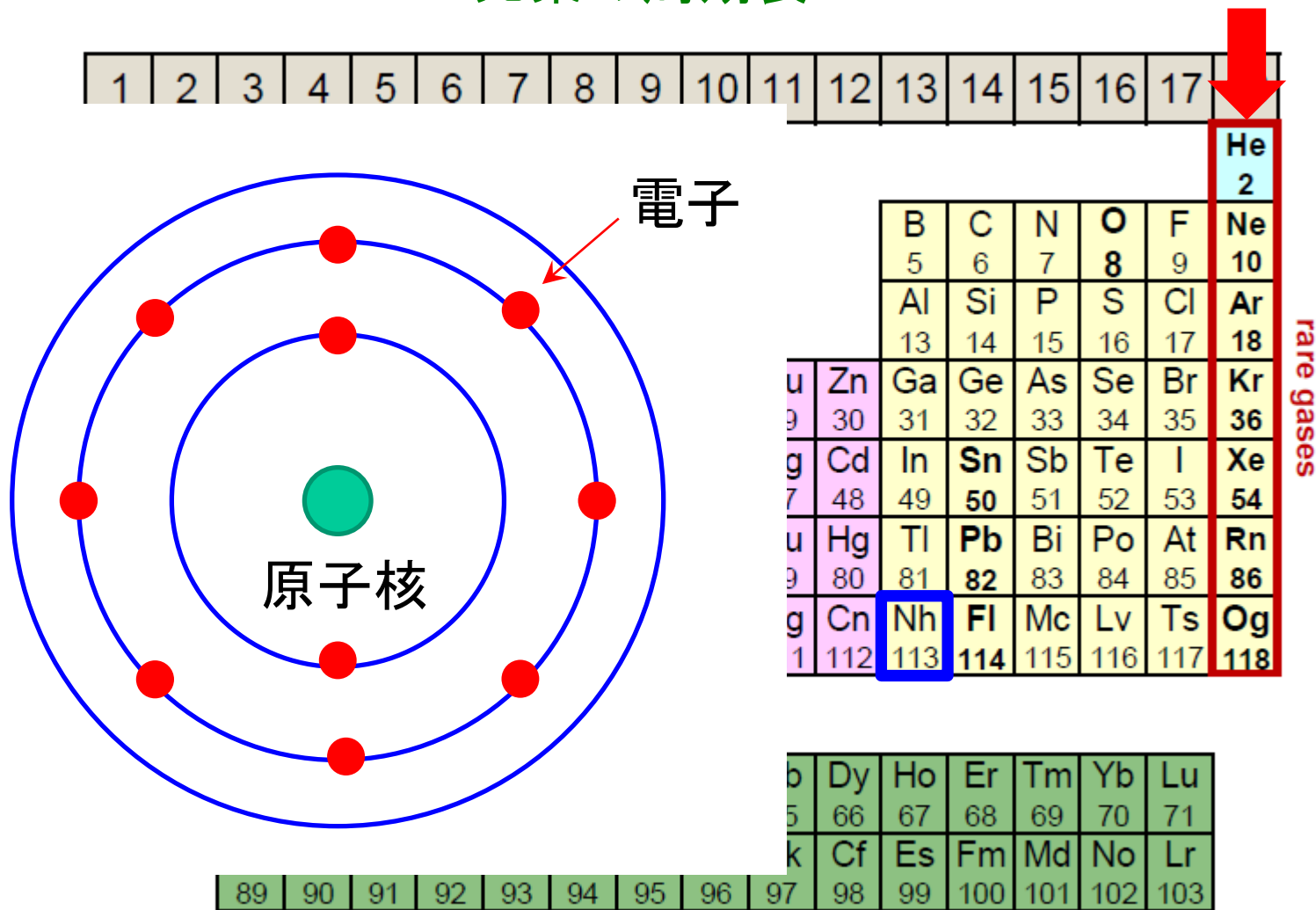


学振 拠点形成事業(A: 先端拠点形成)(代表者:前野)(2017-2021年度).
学振 科学研究費補助金・基盤S(代表者:前野)(2017-2021年度、No. JP17H06136).
学術 新学術領域研究・計画研究 (代表者:前野)(2015-2019年度、No. JP15H05852).

元素の周期表：周期性の起源

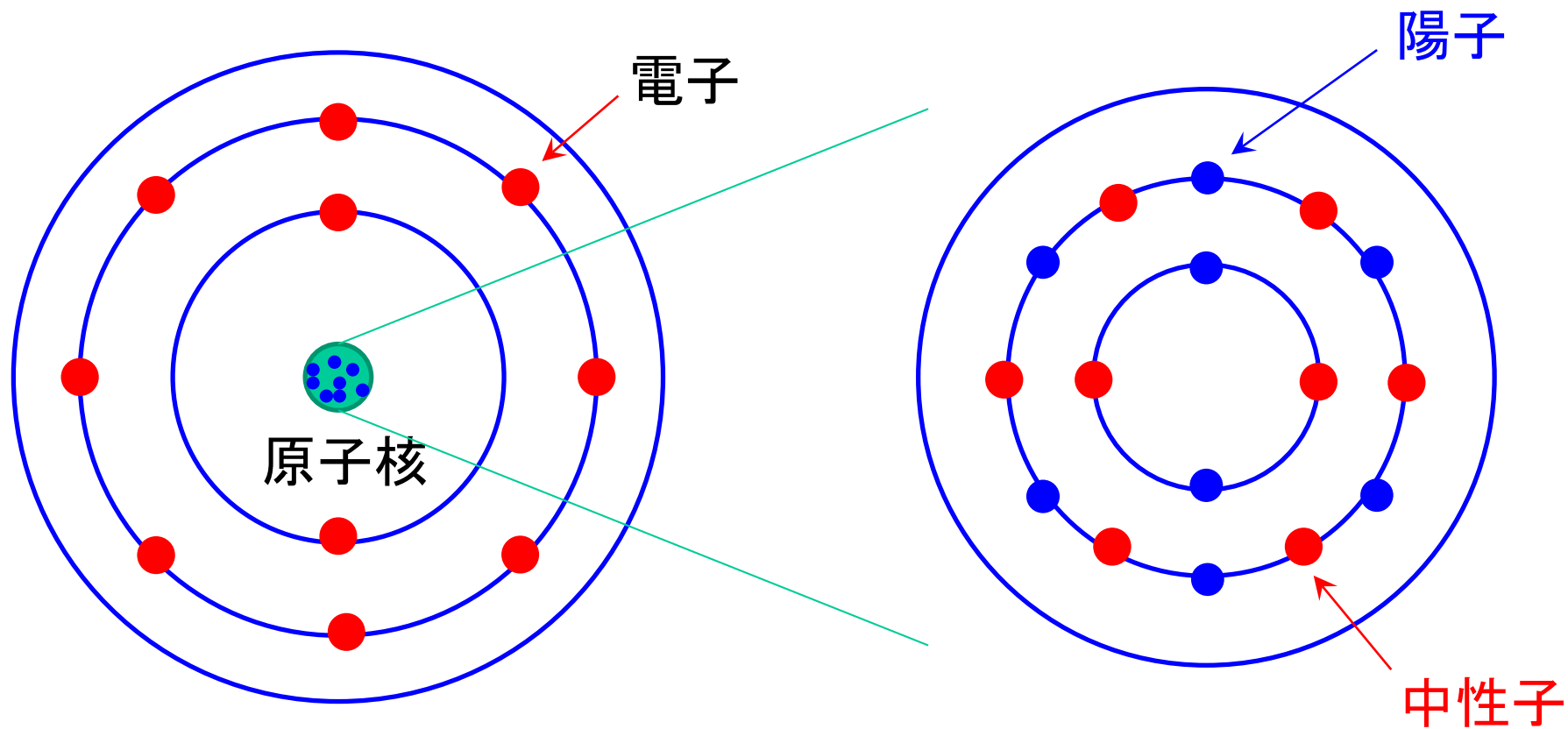
希ガス
(軌道が完全に埋まる)

元素の周期表



原子核の殻構造

実は、同じような軌道が陽子や中性子にも考えられる



原子の構造
(Neの場合)

原子核の構造
(^{16}O の場合)

原子核の殻構造

スピン軌道力

希ガスのときのように軌道が埋まると原子核が安定になる。

魔法数: 2, 8, 20, 28, 50, 82, (126)

* 希ガスは2, 10, 18, 36, 54, 86, 118

殻模型(からもけい)

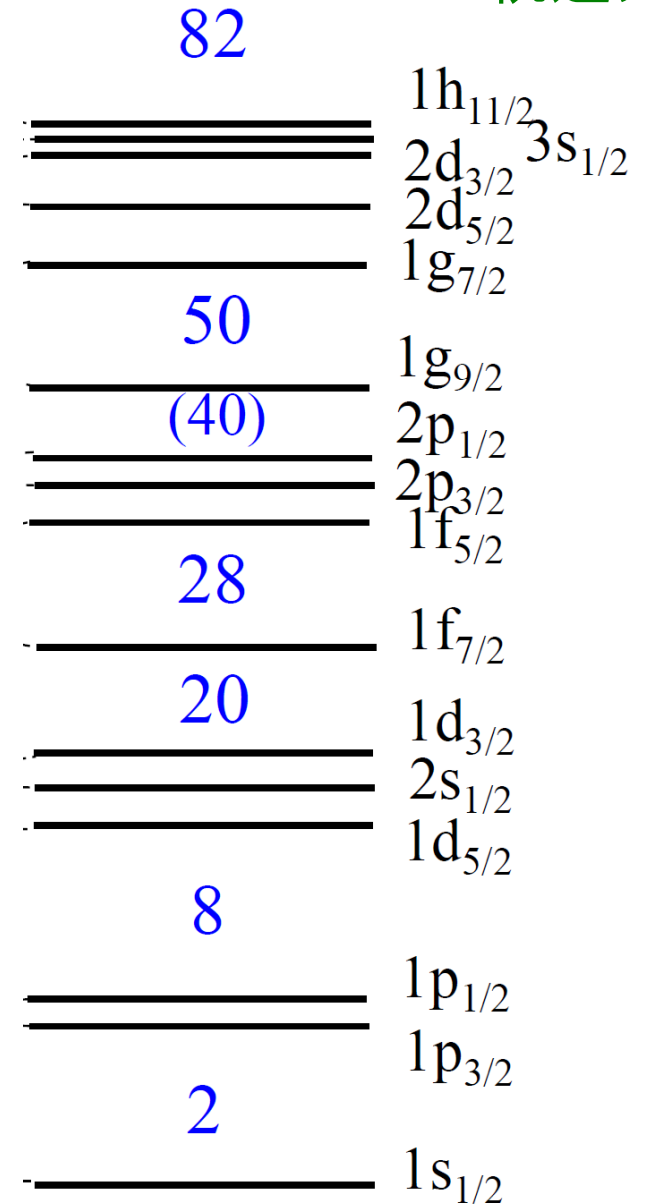


メイヤー



イエンセン

Nobel Foundation archive



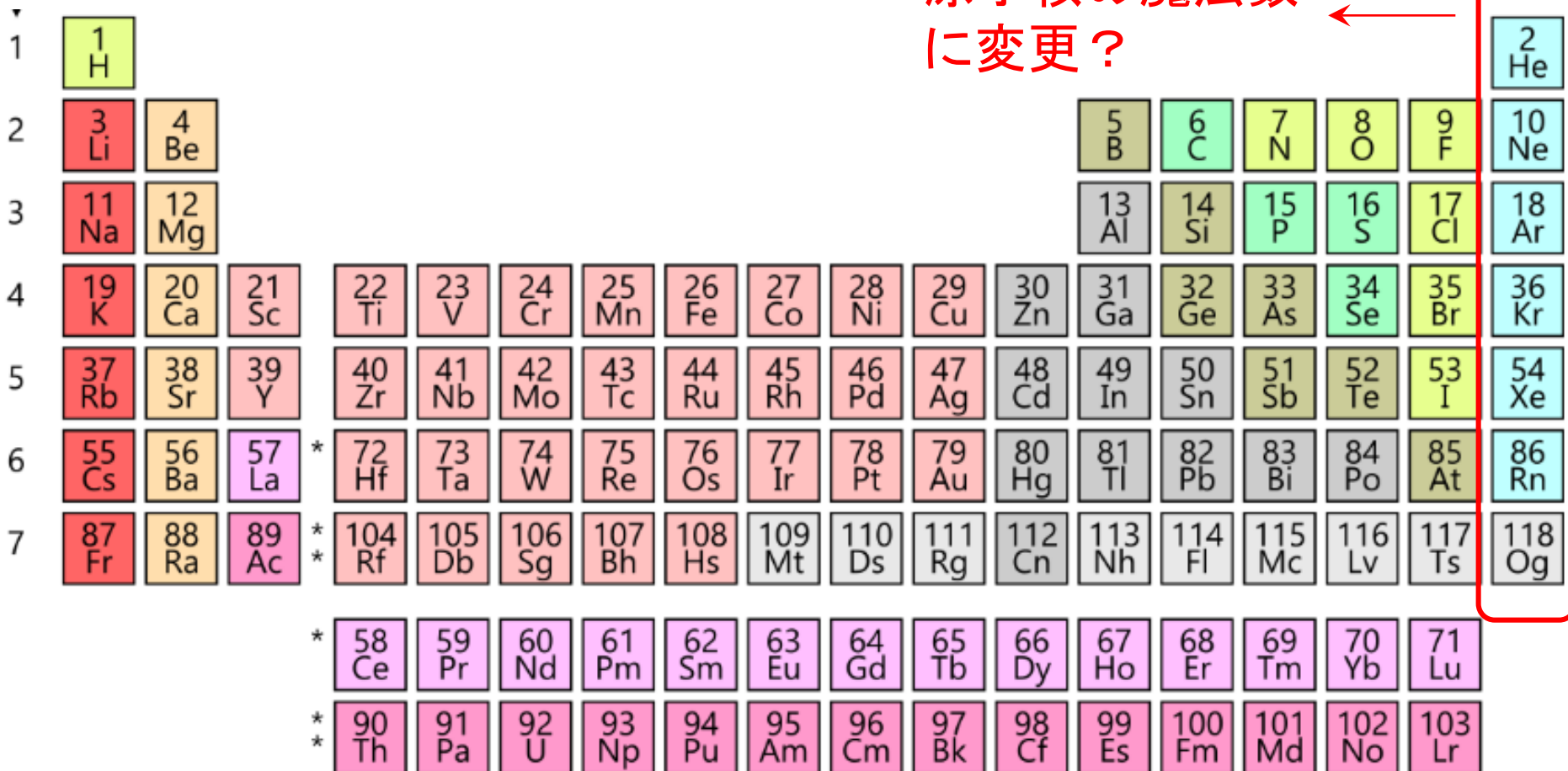
1963年にノーベル物理学賞を受賞

原子核の周期表

原子核の周期表は作れないのか？

→ ありそうでなかった

原子核の魔法数
に変更？

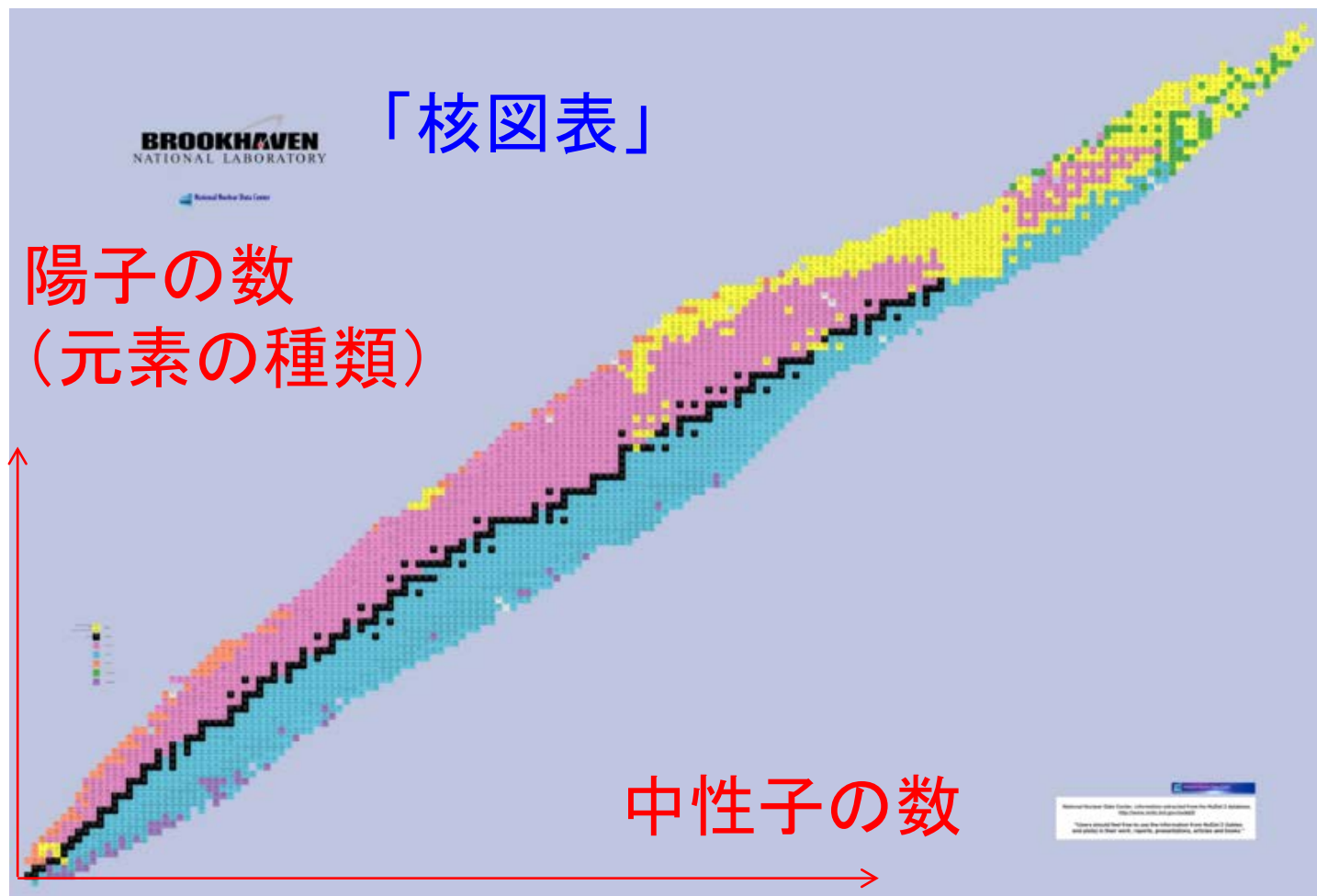


1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be										5 B	6 C	7 N	8 O	9 F		10 Ne
3	11 Na	12 Mg										13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl		18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac*	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				* 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

原子核の周期表

原子核の周期表は作れないのか？

→ ありそうでなかった



元素周期表に中性子の情報を加えた原子核の2次元マップ

原子核の周期表

原子核の周期表は作れないのか？

K. Hagino and Y. Maeno,
Found. of Chem. 22, 267 (2020).

それぞれの元素から
代表的な原子核を選ぶ

- ✓ 最も存在比の大きいもの
- ✓ 最も寿命が長いもの

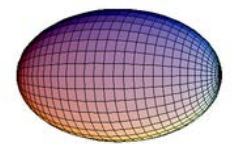
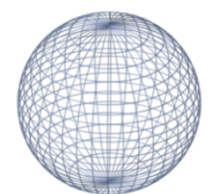
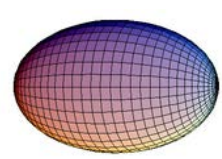
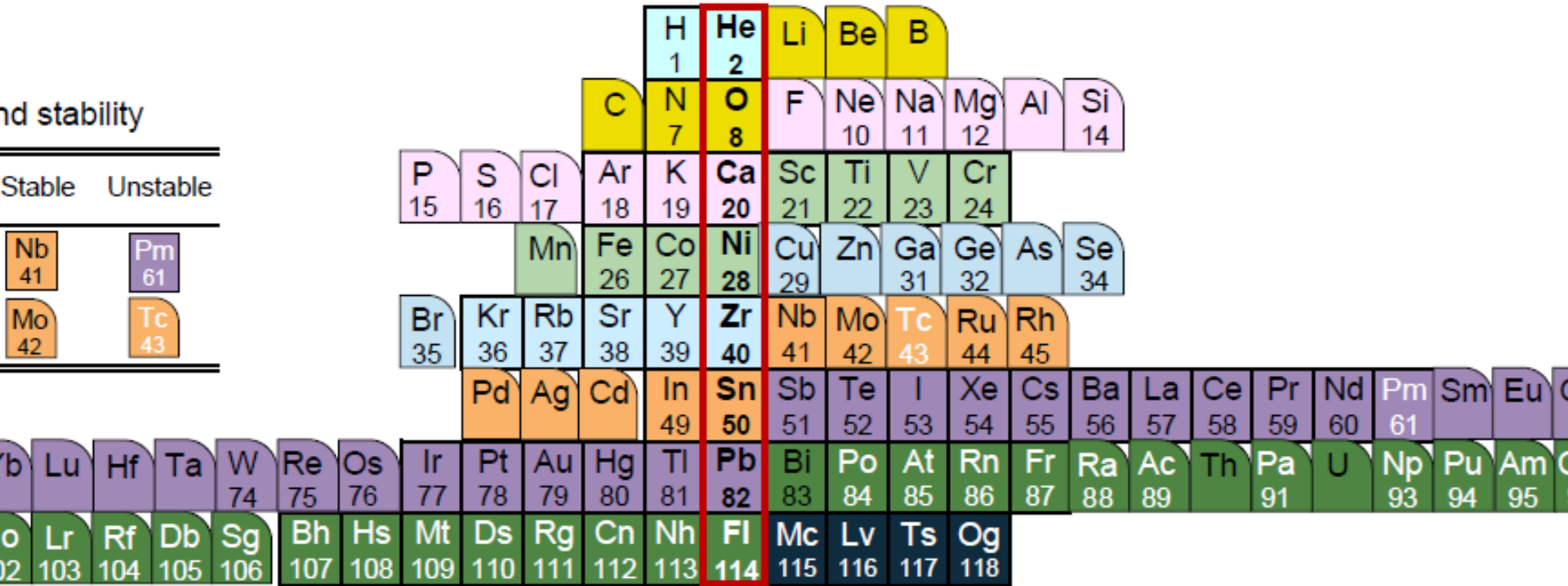
(semi) magic numbers

$$20 \frac{IV}{17} 20.$$

原子核にも殻構造があるということを知
してもらっただけでも大きな教育的意義

魔法数核

- ✓ 原子核の形で箱の種類を変えた
- ✓ 字の種類で原子核の安定性を区別した(不安定な原子核は白抜き)



魔法数から離れる
につれ原子核が変形

魔法数の近くは
原子核が球形

魔法数から離れる
につれ原子核が変形

マジックな偶然

Y. Maeno, K. Hagino, and T. Ishiguro,
Found. of Chem., in press.

元素周期表

						2 He									
		5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne								
		13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar								
28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr							
46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe							
78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn							
110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og							
								64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
								96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

原子核周期表

						H 1	He 2	Li	Be	B		
		C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	Na 11	Mg 12				
P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24			
		Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32			
Br 35	Kr 36	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44			
				Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86			
M 101	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118			

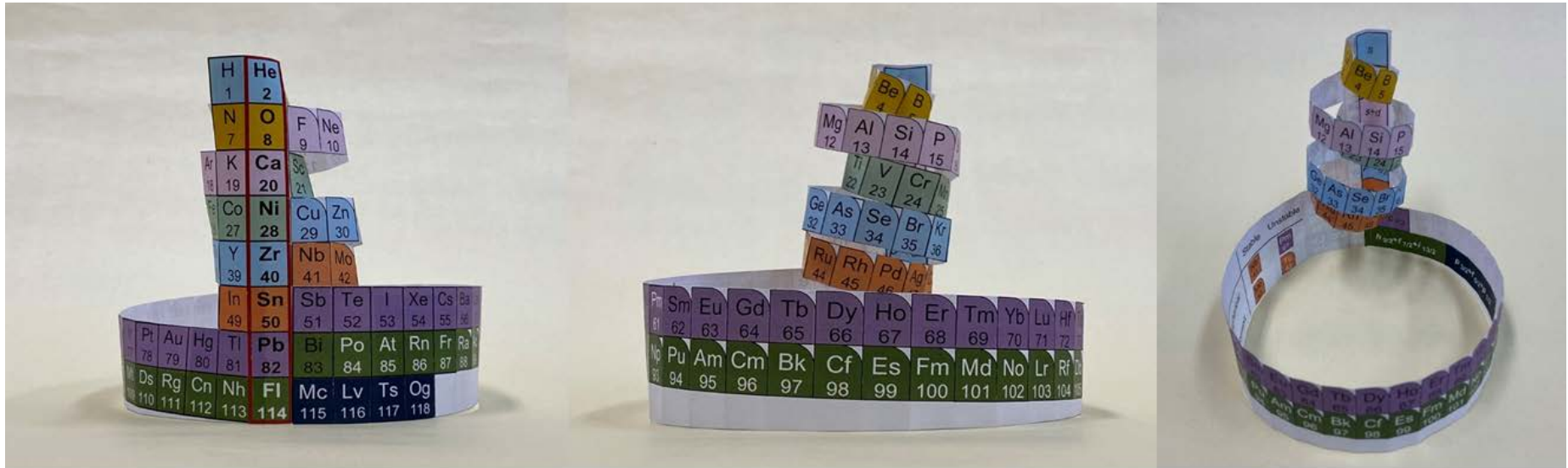
原子核の魔法数核
が縦に並んでいる！
(その前後も同じ並び)

原子核周期表を
見て初めて気がつく
マジック

まとめ

原子核の周期表

- 魔法数、原子核の変形、原子核の安定性など原子核の性質を学ぶ上で便利
- 元素の周期表との対比で自然界の階層性とそれぞれの類似性、相違性が一目でわかる



紙模型による原子核3D周期表「ニュークリタッチ」

cf. 「エレメンタッチ」(前野)

大きな教育的な意義

まとめ

二ホニウム生成反応: $^{70}\text{Zn} + ^{209}\text{Bi}$

← Bi は Pb の隣(魔法数の原子核を使うと反応率が大きくなる)

原子核周期表

				H 1	He 2	Li	Be	B				
			C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	Na 11	Mg 12			
P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24			
			Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32		
Br 35	Kr 36	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44			
				Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86		
	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118		

理研では現在 119 番元素生成反応実験が継続中

→ 119番元素が出来た暁には原子核周期表をうまく活用できる