

# 原子核構造の模型的解明について

小 菅 卓 夫

原子を構成してゐるものは、外殻電子と原子核である。外殻電子に関しては、Bohrの原子模型に端を発し、現在の段階に於て、其の構造が殆んど完全に説明されてゐる。然し原子核の構造に関しては、未だ明確な説明は見出されてゐず、陽電荷を有した1個の集団として取扱はれる場合が多い。物質構造の窮極をなす原子核の構造を解析することは、それ自体が極めて重要なことであると共に、他の科学の分野に及ぼす影響の重大性に於ても、必ずさねばならぬことと思はれる。現在多くの科学者が此の最大の課題を解明する爲に大いなる努力を拂つてゐる所以も此処に存する。

著者は此の問題を模型的に取扱ふことによつて、其の構造を推測し原子核構造に基因すると思はれる種々なる現象、即ち Harkins の定律、低位元素に於ける自然崩壊等を或る程度の確からしさに於て説明し得たので報告する。

尙本論文中に於ては、模型的構造のみが取扱はれてゐて、力学的考察は何ら行つてゐない。従つて、各粒子間に働く力は一見クーロン力の如く表現されてゐるが、説明の便宜上採用されたに過ぎない。又原子核の構造が模型上に表現された如く、固定化されたものであると断定するものでもない。

## 1. 原子核の構成

原子核を構成する素粒子には、Proton 及び Neutron 等があることが知られてゐる。又核力に関しては湯川博士等による Meson 場の導入等によつて解明されつゝある。然し乍ら、Proton Neutron 或は其の他の所謂 elementary particles が若し何らかの Configuration をなしてゐるならば、如何なる Configuration をなしてゐるかに於ては何等明にされてゐない。即ち原子核の構造に関しては、未だその片鱗を覗つたに過ぎない状態である。本論文に於て、著者は  $\alpha$  粒子が原子核構造の基礎をなすと仮定することによつて、原子核構造に何らかの規則性を見出さんとした。

放射性元素の  $\alpha$  崩壊に於ては、Helium 原子核、即ち、 $\alpha$  粒子を発生することが既に知られてゐる。此の崩壊に於ける  $\alpha$  粒子の成因を考える時、Helium 原子核は、最初から原子核内に1単位として存在してゐるか、又は崩壊の途次に於て生成したかの何れかである。若し崩壊の

途中に於て生成したとすれば、崩壊の形式に proton 及び Neutron を同時に生ずる崩壊が存在し、然も Protone 及び Neutron を個々に見出す確率が存する筈である。現在迄かゝる形式の自然崩壊が見出されてゐないことより、Helium 原子核が始めから、核内に1単位として存在したと考えるのが妥当ではあるまいか。

此処に於て著者は第一の仮説を設けた。

「原子核内に於ては、 $\alpha$  粒子は1個の単位として存在し、Proton を含む原子核構成単位として最も安定なものである。」

Proton が全部  $\alpha$  粒子として結合してゐるとした場合、原子番号奇数の元素に於ては Proton が1ヶ余分になる。此の Proton は単一に存在するか、又は数個の Neutron と結合して1単位を構成するか何れかである。第一の仮説に従えば、此の Proton は  $\alpha$  粒子にエネルギー的に最も近い構造に於て存在すべきである。即ち Proton が単一な状態より  $\alpha$  粒子となるには1個の

Proton と 2 個の Neutron を取らねばならぬ。然し乍ら 1 個の Proton と 2 個の Neutron が新しい 1 単位を構成するならば、 $\alpha$  粒子となるには、Proton 1 個を取れば足りる。

故に原子番号奇数なる元素は、 $\alpha$  粒子の他に、Proton 1 個、Neutron 2 個より成る 1 単位、即ち  $\alpha$  粒子より Proton 1 個を除いたものを構成単位として持つてゐる。此の 1 単位を説明の便宜上 Pro- $\alpha$  粒子と称ぶ。

以上により、 $\alpha$  粒子及び、Neutron よりなる原子番号偶数の元素は、より不安定な Pro- $\alpha$  粒子を含む原子番号奇数の元素より安定であるべきである。之れは原子番号奇数なる元素は、原子番号偶数なる元素より産出量が小であると云ふ Harkins' Rule によく一致してゐる。

又、放射性元素の自然崩壊に関しても、 $\alpha$  崩壊とは  $\alpha$  粒子が其のまま放射されることであり、 $\beta$  崩壊とは Pro- $\alpha$  粒子が Neutron 1 個より Proton を取つて、Electron を放出し安定な  $\alpha$  粒子となることであると容易に説明し得る。従つて  $\alpha$  崩壊は原子番号偶数なる元素に起り易く、

$\beta$  崩壊は原子番号奇数なる元素に起り易い筈である。自然崩壊に於て、二、三の例外を除きよく之れに一致してゐる。

尙原子番号偶数なる元素が奇数なる元素に比して安定なる爲め、自然崩壊は常に安定な偶数なる原子番号を有する元素を生成する方向に向ふべきであるが大略それに一致してゐる。(自然崩壊系列の両端に於て、数個の例外を見出すのであるが、之れは余剰の Neutron の影響によるものと思はれる。)

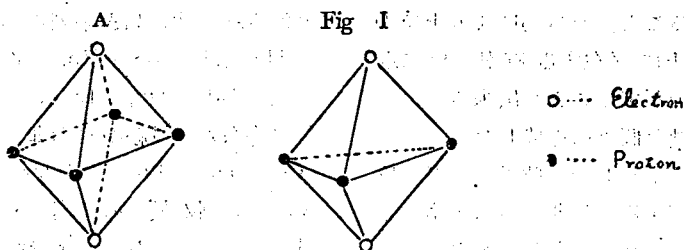
以上原子核の構成単位として、 $\alpha$  粒子及び、Pro- $\alpha$  粒子があることを仮定したが之等の構成単位の他に尙幾つかの Neutron を余分に有してゐることになる。

此の余剰の Neutron (以後 lone-Neutron と称ぶ。)が単一で構成単位として存在してゐるか、又は他の構成単位と結合して更に大なる構成単位をなしてゐるかについては後述するが、此の lone-Neutron が一定の規律の下に配されてゐることは興味ある事実である。

## 2. 原子核内に於ける $\alpha$ 粒子、Pro- $\alpha$ 粒子の配列

第 1 章に於て  $\alpha$  粒子が原子核の構成単位であることを述べたが、之れが核内に於て如何なる模型的構造を有してゐるかを考察した。即ち  $\alpha$  粒子は Proton 4 個 Electron 2 個計 6 個よりなつてゐることから、之等の粒子を八面体の各頂点に配した。(第 1 図 A)。

而して Energy の最も少なる状態は第 1 図 A の如く Electron, Proton が各々対頂点にあるときである。と思はれる。Pro- $\alpha$  粒子は従つて第 1 図 B の如き五面体の頂点に各粒子を配した構造を有してゐる。



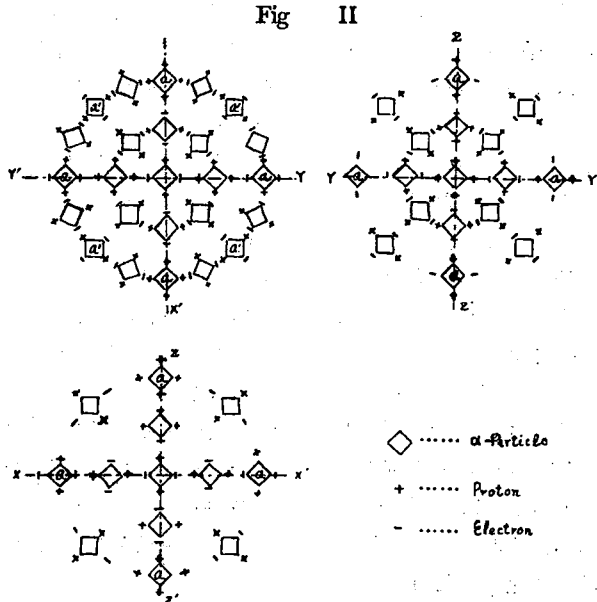
之等の Proton, Electron は  $\alpha$  粒子、Pro- $\alpha$  粒子の構成に與ると同時に各々独立した帯電体の如く働いて、他の  $\alpha$  粒子、Pro- $\alpha$  粒子の反対

荷電の粒子と引き合ひ、立体的に組立てられて原子核を構成してゐる。

此処に於て第二の仮説を設けた。

「 $\alpha$  粒子, Pro- $\alpha$  粒子は第 1 図 A. B. の如き立体構造を有し其の Proton, Electrone が他の  $\alpha$  粒子, Pro- $\alpha$  粒子の Electrone, Proton と各々結合して立体的な原子核を構成する。」

第一, 第二の仮説に基き原子核の構造を Pb 迄図示した. 立体的な記述の代りに結合状態を明示する爲に, XY 平面, YZ 平面, XZ 平面を記した. (第 2 図)



第 2 図によれば  $^{30}\text{Zn}$  で第一の殻が飽和され  $^{82}\text{Pb}$  で第二の殻が飽和されてゐる. ( $^{30}\text{Zn}$  迄で構成される殻を Zn 殻,  $^{81}\text{Ga} \sim ^{82}\text{Pb}$  で形成される殻を Pb 殻と呼ぶ.)

従つて  $^{83}\text{Pb}$  以上の元素は第三の殻に入り不安定なことが予想される. 之れは自然崩壊の元素が  $^{82}\text{Pb}$  より上の元素であることによく一致してゐる. 又自然崩壊に於て常に安定な Pb となる迄崩壊を続けること, 及び  $^{92}\text{U}$  より上位の元素が最早や地球上に存在する確率が 0 に近いことをも容易に理解することが出来る.

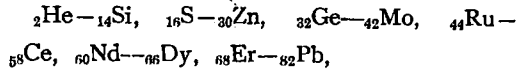
次に各元素の模型を個々に作成した.

此の場合に新しく増加した  $\alpha$  粒子が, どの位置に位するかを決定するに当り, 常にエネルギー的に最も安定と思はれる状態を選んだ.

即ち, 一つ下の殻の  $\alpha$  粒子と直接結合する場合が最優先的であり, (第 2 図中 a で示したものは従つて其の次に位すべきものである.) 然ら

ざるものは, 6 個の頂点の粒子がより多く他の  $\alpha$  粒子の頂点と結合し得る位置に位するとした. 而して  $^{30}\text{Zn}$  及  $^{82}\text{Pb}$  は最も安定な構造であるが, 其の間に割合安定な構造が数個存在すると思はれる. 例えば, Pb 殻に於て a (第 2 図) が飽和された状態  $^{42}\text{Mo}$  は其の近辺の元素より比較的安定であるべきである.

斯の如くして元素の安定な状態が週期的に繰り返され, 次の如き系列を形成する. 即ち,



之等系列の最終の原素即ち,  $^{14}\text{Si}, ^{30}\text{Zn}, ^{42}\text{Mo}, ^{58}\text{Ce}, ^{68}\text{Dy}, ^{82}\text{Pb}$  は比較的安定であるべきであり, 各系列の最初の原素  $^{16}\text{S}, ^{32}\text{Ge}, ^{44}\text{Ru}, ^{60}\text{Nd}, ^{69}\text{Er}$  は不安定であるべきである.

原子番号奇数の元素も同様にして系列に分類することが出来る.

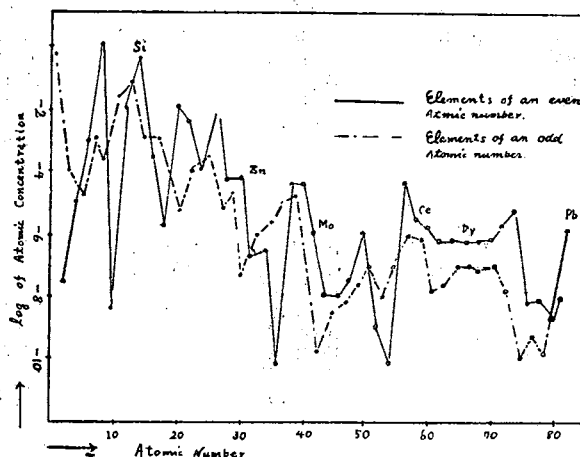
各原素の地球上に於ける存在率を図示した

Harkins の図表に於て原子番号偶数なる元素及び奇数なる元素、各々別個に線で結んで見ると第3図の如くなる。第3図に示された所によれば偶数なる元素のグラフと奇数なる元素のグラフが大體平行してゐる。此の事實は、偶数なる元素が奇数なる元素と同様な過程の下に変化を行つてゐることを示すものであつて、地球上に於ける元素の存在率が相当程度原子核の構造に

左右されてゐることを示すものである。

先に各系列の終りの元素は存在率が大きであつて、始めの元素は存在率が小であることを述べたがグラフ上に表れたものは、よく之れに一致してゐる。即ち各系列の始めの元素を頂点とした波形をなしてゐる然も頂点より急激に落下して除々に次の頂点に上昇する傾向のあるのは仮説と極めてよく一致してゐる。(第3図)。

Fig III



次に lone-Neutron の数 (第1表) を原子番号偶数なる元素と奇数なる元素とを別個に第4図に表した。但し同位元素の中、存在頻度最大

なるものを安定な構造として其の元素の代表に選んだ。

Table I.

Element	${}^1_1\text{H}$	${}^2_2\text{He}$	${}^3_3\text{Li}$	${}^4_4\text{Be}$	${}^5_5\text{B}$	${}^6_6\text{C}$		
Numbers of lone-Neutron (Abundance Ratio%)	-2(99.98) -1(0.016)	-1(10) 0(100)	-1(7.9) 0(92.1)	0(100)	-1(20) 0(80)	0(98.9) 1(1.1)		
	${}^7_7\text{N}$	${}^8_8\text{O}$	${}^9_9\text{F}$	${}^{10}_{10}\text{Ne}$	${}^{11}_{11}\text{Na}$	${}^{12}_{12}\text{Mg}$	${}^{13}_{13}\text{Al}$	${}^{14}_{14}\text{Si}$
	-1(99.62) 0(0.38)	0(99.76) 2(0.04) 2(0.20)	0(100)	0(90.00) 1(0.27) 2(9.73)	0(100)	0(77.4) 1(11.5) 2(11.1)	0(100)	0(89.6) 1(6.2) 2(4.2)
	${}^{15}_{15}\text{P}$	${}^{16}_{16}\text{S}$	${}^{17}_{17}\text{Cl}$	${}^{18}_{18}\text{Ar}$	${}^{19}_{19}\text{K}$	${}^{20}_{20}\text{Ca}$	${}^{21}_{21}\text{Sc}$	
	0(100)	0(95.1) 1(0.74) 2(4.2) 4(0.016)	0(75.4) 2(24.6)	0(0.31) 2(0.06) 4(99.63)	0(93.44) 1(0.012) 2(6.55)	0(96.96) 2(0.64) 3(0.15) 4(2.07) 6(0.003) 8(0.185)	2(100)	

<sup>22</sup> Ti 2( 7.95) 3( 7.75) 4(73.45) 5( 5.51) 6( 5.34)	<sup>23</sup> V 4(100)	<sup>24</sup> Cr 2( 4.49) 4(83.78) 5( 9.43) 6( 2.30)	<sup>25</sup> Mn 4(100)	<sup>26</sup> Fe 2( 6. 0) 4(91. 6) 5( 2. 1) 6( 0.28)	<sup>27</sup> Co 4(100)	<sup>28</sup> Ni 2(68.0) 4(27.2) 5( 0.1) 6( 3.8) 8( 0.9)	<sup>29</sup> Cu 4(68) 6(32)
<sup>30</sup> Zn 4(50.9) 6(27.3) 7( 3.9) 8(17.4) 10( 0.5)	<sup>31</sup> Ga 6(61.5) 8(38.5)	<sup>32</sup> Ge 6(21.2) 8(27.3) 9( 7.9) 10(37.1) 12( 6.5)	<sup>33</sup> As 8(100)	<sup>34</sup> Se 6( 0.9) 8( 9.5) 9( 8.3) 10(24.0) 12(48.0) 14( 9.3)	<sup>35</sup> Br 8(50.6) 10(49.4)	<sup>36</sup> Kr 6( 0.35) 8( 2.01) 10(11.52) 11(11.52) 12(57.13) 14(17.47)	
<sup>37</sup> Rb 8(72.8) 10(27.2)	<sup>38</sup> Sr 8( 0.56) 10( 9.86) 11( 7.02) 12(82.56)	<sup>39</sup> Y 10(100)	<sup>40</sup> Zr 10(48) 11(11.5) 12(22) 14(17) 16( 1.5)	<sup>41</sup> Nb 10(100)	<sup>42</sup> Mo 8(15.5) 10( 8.7) 11(16.3) 12(16.8) 13( 8.7) 14(25.4) 16( 8.6)	<sup>44</sup> Ru 8(5) 10(-) 11(12) 12(14) 13(22) 14(30) 16(17)	
<sup>45</sup> Rh 12(100)	<sup>46</sup> Pd 10( 0.8) 12( 9.3) 13(22.6) 14(27.2) 16(26.8) 18(13.5)	<sup>47</sup> Ag 12(52.5) 14(47.5)	<sup>48</sup> Cd 10( 1.4) 12( 1.0) 14(12.8) 15(13.0) 16(24.2) 17(12.3) 18(28.0) 20( 7.3)	<sup>49</sup> In 14( 4.5) 16(95.5)	<sup>50</sup> Sn 12( 1.1) 14( 0.8) 15( 0.4) 16(15.5) 17( 9.1) 18(22.5) 19( 9.8) 20(28.5) 22( 5.5) 24( 6.8)	<sup>51</sup> Sb 18(56) 20(44)	
<sup>52</sup> Te 18( 2.9) 19( 1.6) 20( 4.5) 21( 6.0) 22(19.0) 24(32.8) 26(33.1)	<sup>53</sup> I 10(100)	<sup>54</sup> X 16( 0.094) 18( 0.088) 20( 1. 91) 21(26. 23) 22( 4. 06) 23(21. 18) 24(26. 98) 26(10. 55) 28( 8. 95)	<sup>55</sup> Cs 22(100)	<sup>56</sup> Ba 18( 0.101) 20( 0.097) 22( 2. 42) 23( 6. 6) 24( 7. 8) 25(11. 3) 26(71. 7)	<sup>57</sup> La 24(100)	<sup>58</sup> Ce 20( -) 22( -) 24(89) 26(11)	
<sup>59</sup> Pr 22(100)	<sup>60</sup> Nd 22(25.93) 23(13. 0) 24(22. 6) 25( 9. 2) 26(16. 5) 28( 6. 8) 30( 5.95)	<sup>62</sup> Sm 20( 3) 23(17) 24(14) 25(15) 26( 5) 28(26) 30(20)	<sup>63</sup> Eu 24(49) 26(51)	<sup>64</sup> Gd 24(0.2) 26(1.5) 27(21) 28(22) 29(17) 30(22) 32(16)	<sup>65</sup> Tb 28(100)	<sup>66</sup> Dy 26(0.1) 28(1.5) 29(22) 30(24) 32(28)	
<sup>67</sup> Ho 30(100)	<sup>68</sup> Er 26(0.25) 28( 2) 30(35) 31(24) 32(29) 34(10)	<sup>69</sup> Tm 30(100)	<sup>70</sup> Yb 28(0.096) 30( 2) 31( 9) 32(23) 33(17) 34(37) 36(12)	<sup>71</sup> Lu 32(97.5) 34( 2.5)	<sup>72</sup> Hf 30(0.3) 32( 5) 33(19) 34(28) 35(18) 36(30)	<sup>73</sup> Ta 34(100)	

<sup>74</sup> W	<sup>76</sup> Re	<sup>78</sup> Os	<sup>77</sup> Ir	<sup>78</sup> Pt	<sup>78</sup> Au
32( 0.2)	34(38.2)	32( 0.018)	36(38.5)	36( 0.8)	39(100)
34(22.6)	36(61.8)	34( 1. 59)	38(61.5)	38(30.2)	
35(17.3)		35( 1. 64)		39(35.8)	
36(30.1)		36(13. 3)		40(25.6)	
38(29.8)		37(16. 2)		42( 7.2)	
		38(26. 4)			
		40(40. 9)			
	<sup>80</sup> Hg	<sup>81</sup> Tl	<sup>82</sup> Pb		
	36( 0.15)	40(29.1)	40( 1.5)		
	38(10.12)	42(70.9)	42(23.6)		
	39(17.04)		43(22.6)		
	40(23.25)		44(52.3)		
	41(13.18)				
	42(29.54)				
	44( 6.72)				

第4図によれば大略各系列の終りの元素を以て lone-Neutron の不増加は止み、各系列の始めの元素を以て増加を開始してゐる。此の關係は先に述べた Harkins の図表を改変したものとよく一致した關係を示してゐる。

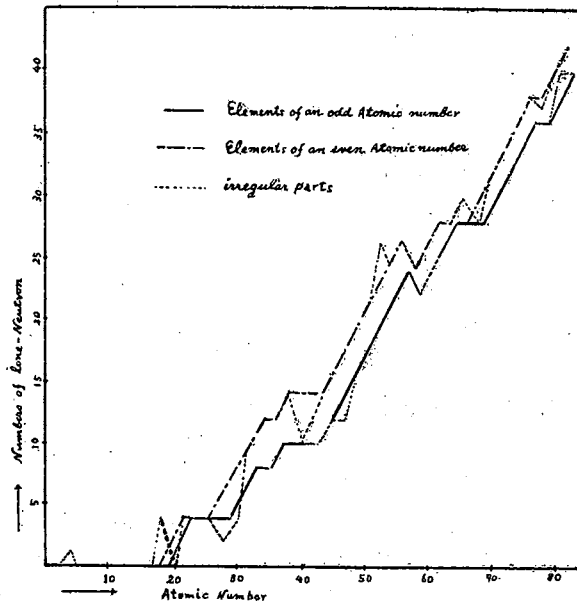
lone-Neutron のかかる段階的な増加は、何らかの核内構造の大なる変化を示してゐると思はれるが、以上述べた所により、其の不規則性の起る原因と理由を或る程度説明し得る。

即ち、lone-Neutron が何らかの形式に於て

核の安定化に寄與してゐて、各系列の終りに近づくに従ひ、 $\alpha$ 粒子相互の結合自体が安定化して、lone-Neutron の助力を要しなくなり、不増加の部分を生ずるものであらう。

尙 <sup>82</sup>Pb 迄の元素に於て、<sup>48</sup>Ma, <sup>61</sup>Il, は原子量が知られて居らず、<sup>71</sup>Lu, etc は  $\beta$ 崩壊してゐるが、之等が何れも各系列の遷移点附近に存在してゐることも核構造の変化を示してゐるものと思はれる。又之等が皆奇数元素であることは其の不安定性を示したものである。

Fig IV



### 3. lone-Neutron の構成

第1表第4図に示された如く $\alpha$ 粒子1個の増加に対して、lone-Neutron は2個宛増加してゐる。尙奇数の原子番号 $n+1$ の元素の余剰中性子は、 $n$ なる原子番号偶数の元素の lone-Neutron より常に2個少い。こゝに於て第三の仮説を設けた。

『lone-Neutron は $\alpha$ 粒子1個に対し、2個附随する。 $\alpha$ 粒子は lone-Neutron 2個を有した場合に最も安定である。尙 $\alpha$ 粒子に附随しない lone-Neutron は存在しない。』

pro- $\alpha$  粒子は lone-Neutron を有し得ない。(lone-Neutron を有すれば $\beta$ -崩壊をして $\alpha$ 粒子となる。)原子番号奇数なる元素の lone-Neutron が対応する。偶数なる元素の lone-Neutron より2個少いのは此の爲であらう。

此の仮説によれば、原子番号奇数なる元素に於て、lone Neutron が奇数なるものが存在し難いこと、及び原子番号偶数なる元素に於ても lone-Neutron が奇数なるものは偶数なるものに比して、不安定であることを予測される。此のことは、原子番号奇数なる元素に於て、崩壊しない元素は常に偶数の lone-Neutron を有し、又偶数なる元素に於ても lone-Neutron 偶数なるものに比して奇数なるものは其の存在頻度が

小であることによく一致してゐる。

$\alpha$ 粒子は常に lone-Neutron を持つものではないようであるが、少くも次の法則は成立する。

即ち、原子番号 $n$ なる元素の lone-Neutron は $2n$ 個より大ではない。

尙 lone-Neutron を持つた $\alpha$ 粒子と持たざる $\alpha$ 粒子の関係は明にし得なかつたが、その元素に対して最も安定した割合が存在することは、lone-Neutron のグラフが段階的に変化してゐること、及び原子番号偶数なる元素に於て、頻度最大の同位元素より Neutron 数の増減に従ひ次第に頻度が減少してゐることより知ることが出来る。

次に第4図より原子量未知の元素の lone-Neutron 数を推定することが可能であり。

次式より其の原子量を知ることが出来る。

$$\text{原子量} - (\text{原子番号} - 1) \times 2 + 3 + \text{推定}$$

$$\text{lone-Neutron 数 (奇数元素に於て)}$$

尙同位元素の数は、其の元素が不安定である爲、推定された同位元素の頻度が100%に近いであらう。次に実際に推定した Ma, II の原子量を記する。(第2表)

Table II

Element (Atomic Number)	Mass Numbers of Isotopes	Abundance Ratio of Isotopes	Atomic Weight
Ma 43	97	100%	97
II 61	of 147 143	100% 100%	147 143

### 結 論

原子核構造を模型的に説明する爲めに3個の仮説を設けて、或る程度現在迄に見出された原子核の示す諸現象を説明し得た。数学的裏付けが欠除してゐる爲決定的な結果は見出し得なかつたが、混沌たる原子核構造解明の一資料となれば幸甚である。尙自然崩壊及び人工崩壊に対

する模型的考察は本論文に於ては行ひ得なかつたが稿を改めて発表する。

稿を終るに臨み御懇切なる御指導を賜つた、大阪大学教授千谷利三博士、東京大学教授落合英二博士、金沢大学助教授水野義久氏に深甚なる謝意を表する。