セン類の核学的研究 III. 再生の核学的研究への利用

井 上 覚*

Satoru INOUE: Karyological Studies on Mosses III. Utilization
of the Regeneration for the Karyological Studies.

1965 年 5 月 6 日受付

著者は第 I 報¹⁾において 7 属 10 種、第 II 報²⁾においては 9 属 12 種のセン類をとり上げ、その核学的研究の結果を報告した。今回はさらに、以上の 2 報告に続いて、配偶体の再生を利用した研究の結果について報告する。セン類中には第 I 報でのべた栽培方法をもってしては細胞学的研究の困難な場合が少なくない。このようなセン類では配偶体の再生を利用することによって、研究の可能になる場合が多い。本報告はこれら再生を利用した核学的研究の結果である。

材料および方法

本研究に使用したセン類はすべて九州地方から採集されたものであり、その採集地は第 1 表に示したとおりである。採集された材料はまず第 I 報でのべたとおりガラス鉢の温室中で栽培した。ついで配偶体の一部分を切り取って培養し、これから再生してくる若い植物体を用いて研究を行なった。培養にあたっては、野口・古田³⁾；野口・宮田⁴⁾らの用いた培養法にしたがった。すなわち滅菌したシャーレ中に瓦で作った培養床（約 50×50×10 mm）を入れ、この床上に切り取った幼葉や幼苗を並べ、Benecke 液(pH 6±)に浸して培養した。培養はすべて 15°C) 以下で行なった。細胞学的観察には幼植物が 5~10 mm に成長したものをを用いた。

細胞学的観察方法および核型の表示法はさきの報告にのべたとおりである。

観 察 結 果

本研究で観察された 15 種のセン類の染色体数は第 1 表に示したとおりである。

核型の観察結果については以下種別に詳述する。

Bryoxiphium japonicum, (n=14), Figs. 1, 2.

本属の染色体に関する報告はない。日本産の *Bryoxiphium* としては本種がただ 1 種記載されているだけである。本研究では 14 個の染色体が観察されたが、このうち最大の 1 個は長腕に二次狭さを有し、長腕の一部分が異常凝縮を示す H-染色体であった。これにつぐ長さの染色体としては 2 個の J 型と 2 個の V 型が認められた。これら大形の染色体のほかに 9 個の小形染色体が観察され、そのうち最小の 1 個は v 型をした h-染色体であって異常凝縮が認められた。この h 以外の 4 個は v 型で、他の 4 個は j 型であった。したがって本種の核型はつぎのように表わされる。

$K(n)=14=V(H)+2V+2J+8(4v+4j)+v(h)$

Blindia japonica (n=14), Figs. 3, 4, 31.

本属に関する細胞学的研究も報告されていない。本邦産の *Blindia* 属には 2 種が記載されているが、もちろん染色体に関する報告はない。著者の研究では 14 個の染色体が観察された。この 14 個のうち、最大の 2 個はともに二次狭さを有し、異常凝縮を示すから H-染色体である。しかしこれら H-染色体のうち 1 個は二次狭さのある腕ばかりでなく他の腕の一部分まで異常凝縮を示すが、他の 1 個は異常凝縮をする部分が前者に比べて少なく二次狭さを有する腕に限られている。これら H-染色体について 2 個の J 型と 2 個の V 型が認められた。以上の 8

* 熊本大学理学部生物学教室 Biological Department, Faculty of Science, Kumamoto University, Kumamoto, Japan.

Table 1. Chromosome numbers and localities of moss species used.

Family and species	Chromo. no. (n)	Locality
Bryoxiphiaceae		
<i>Bryoxiphium japonicum</i>	14	Mt. Aso, Kumamoto Pref.
Seligeriaceae		
<i>Blindia japonica</i>	14	Mt. Hikosan, Fukuoka Pref.
Dicranaceae		
<i>Dicranella heteromalla</i>	14	Mt. Naidaijin, Kumamoto Pref.
<i>Brothera leana</i>	12	Mt. Aso, Kumamoto Pref.
<i>Oncophorus crispifolius</i>	14	Mt. Konoha, Kumamoto Pref.
Trachypodaceae		
<i>Trachypus humilis</i>	11	Is. Koshiki, Kagoshima Pref.
<i>Pseudospiridentopsis horrida</i>	11	Tengu-iwa, Itsuki-mura, Kumamoto Pref.
Lembophyllaceae		
<i>Dolichomitra cymbifolia</i>	11	Mt. Naidaijin, Kumamoto Pref.
<i>Dolichomitriopsis diversiformis</i>	11	Mt. Karimata, Kumamoto Pref.
<i>Isoetecium subdiversiforme</i>	11	Is. Koshiki, Kagoshima Pref.
Theliaceae		
<i>Fauriella tenuis</i>	11	Mt. Hikosan, Fukuoka Pref.
Fabroniaceae		
<i>Fabronia matsumurae</i>	11	Yabe-machi, Kumamoto Pref.
<i>Schwetschkeopsis japonica</i>	11	Mt. Karimata, Kumamoto Pref.
Leskeaceae		
<i>Okamuraea brachydictyon</i>	11	Kumamoto-city
<i>O. hakoniensis</i>	11	Kikuchi-suigen and Yabe-machi, Kumamoto Pref.

個以外はすべて小形染色体であって、このうち最小の2個はいちじるしく小形で、異常凝縮をするから m-(h-) 染色体である。この h 以外に4個の v 型と2個の j 型染色体がある。したがって本種の核型はつぎのように表わされる。

$$K(n)=14=2V(H)+2V+2J+6(4v+2j)+2m(h)$$

Dicranella heteromalla (n=14), Figs. 5, 6, 32.

本属では15種について細胞学的研究の結果が報告されている。それらによると、本属の染色体数としては n=10, 12, 13, 14, 15, 16 および 23 の7とおりが報告されている。そのうち本種については矢野⁶⁾, Khanna⁷⁾ の2報告がある。両者とも n=13 を報告している。しかし著者の研究では14個の染色体が観察された。この14個のうち、最大の2個は長腕に二次狭さくを有し、異常凝縮をする H-染色体であった。この H 以外の大形染色体には

V型が2個と J 型が2個認められた。またこれら以外に8個ある小形染色体のうち、最小の2個は他の染色体に比べていちじるしく小さく、異常凝縮を示すから m(h)-染色体である。h 以外の小形染色体のうち、4個は v 型で2個は j 型であった。したがって本種の核型はつぎのとおり表わされる。

$$K(n)=14=2V(H)+2v+2J+6(4v+2j)+2m(h)$$

Brothera leana (n=12), Figs. 7, 8, 33.

本邦産の *Brothera* には本種ただ1種が記載されているのみであり、本属の染色体に関する報告はない。本種の12個の染色体のうち、最大の2個は長腕に二次狭さくを有し、長腕の大部分が異常凝縮を示す H-染色体である。これら H 以外の大形染色体には2個の V 型と2個の J 型が認められた。これら以外の6個は小形染色体で、そのうち最小の2個は v 型で h-染色体であった。この h 以外の小形染色体

体には2個のv型と2個のj型が認められた。したがって本種の核型は次のように表わされる。

$$K(n)=12=2V(H)+2V+2J+4(2v+2j)+2v(h)$$

***Oncophorus crispifolius* (n=14), Figs. 9, 10.**

本属の染色体数および核型に関する研究としては Steere⁸⁾, 矢野^{6),9)} および Anderson and Crum¹⁰⁾ が挙げられる。これらの報告によると, *Oncophorus virens* および *O. wahlenbergii* ではともに n=14 の染色体を有し, 矢野によってその核型が明らかにされている。しかし本種に関する報告はない。本研究では14個の染色体が確認された。この14個の染色体のうち最大の2個は上記の諸種と同じく, 長腕に二次狭さくを有し, 長腕の一部が異常凝縮を示す H-染色体であった。これら H 以外の大形染色体としては V 型が2個, J 型が2個認められた。このほかに小形染色体が8個認められたが, このうち最小の2個はとくに小形で異常凝縮を示したから m(h)-染色体であった。さらにこの h 以外に v 型4個, j 型2個が認められた。したがって本種の核型は次のように表わされる。

$$K(n)=14=2V(H)+2V+2J+6(4v+2j)+2m(h)$$

***Trachypus humilis* (n=11), Figs. 11, 12.**

本属の染色体に関する報告はない。本種の11個の染色体のうち最大の1個は長腕に二次狭さくを有し, 長腕の大部分が異常凝縮を示す H-染色体であった。この H 以外の大形染色体としては J 型が2個認められたが V 型は認められなかった。8個の小形染色体のうち最小の1個はとくに小形で異常凝縮を示すから m(h)-染色体である。この h のほかに5個の v 型と2個の j 型が認められた。したがって本種の核型はつぎのとおり表わされる。

$$K(n)=11=V(H)+2J+7(5v+2j)+m(h)$$

***Pseudospiridentopsis horrida* (n=11), Figs. 13, 14, 34.**

Pseudospiridentopsis は本種ただ1種を含む属であって, 本種は現在までのところわが国では Table 1 に示した産地以外では発見されたことのない稀産種である。もちろん本属の染色体に関する報告はない。本種の11個の染色体個々の形態は前記

Figs. 1~14. Mitotic metaphase chromosomes and heteropycnosis in gametophytes. 1, 2, *Bryoxiphium japonicum*, n=14; 3, 4, *Blindia japonica*, n=14; 5, 6, *Dicranella heteromalla*, n=14; 7, 8, *Brothera leana*, n=12; 9, 10, *Oncophorus crispifolius*, n=14; 11, 12, *Trachypus humilis*, n=11; 13, 14, *Pseudospiridentopsis horrida*, n=11.
×3000

Trachypus humilis の染色体ときわめてよく類似している。したがってその核型も前記種と同じく、つぎのように表わされる。

$$K(n)=11=V(H)+2J+7(5v+2j)+m(h)$$

Dolichomitra cymbifolia (n=11), Figs. 15, 16.

Dolichomitra 属には本種のほかに1変種が含まれるだけである。もちろん染色体に関する報告はない。本種の11個の染色体のうち、最大の1個は長腕に二次狭さを有し、長腕の大部分と短腕の一部が異常凝縮を示すから H-染色体である。H以外の大形染色体にはV型2個とJ型1個が認められた。これらのほかに小形染色体が6個、すなわち4個のv型と2個のj型が認められた。また小形染色体中にはこれらのほかに1個のv型があり、異常凝縮を示した。すなわち h-染色体である。したがって本種の核型はつぎのとおりを表わされる。

$$K(n)=11=V(H)+2V+J+6(4v+2j)+v(h)$$

Dolichomitriopsis diversiformis (n=11), Figs. 17, 18, 35.

本種の染色体に関しては矢野^{5),11)}、三宮¹²⁾の報告がある。両氏とも本種の染色体数 $n=10$ を報告している。しかし著者の研究では11個の染色体が観察された。この11個の染色体個々の形態は上記 *Dolichomitra cymbifolia* の場合にきわめてよく類似していた。ただ異なる点としては、本種では h-染色体がとくに小形で m-染色体と認められたことである。したがって核型は次のように表わされる。

$$K(n)=11=V(H)+2V+J+6(4v+2j)+m(h)$$

Isothecium subdiversiforme (n=11), Figs. 19, 20, 36.

本属の染色体に関する研究としては矢野^{5),11)}の報告が挙げられる。矢野は *Isothecium hakkodense* の染色体数 $n=10$ を報告し、その核型を明らかにしている。しかし本種では11個の染色体が観察された。この11個の染色体個々の形態およびその構成は上記の *Dolichomitriopsis* の場合によく類似していた。したがって核型も同じく、つぎのように表わされる。

$$K(n)=V(H)+2V+J+6(4v+2j)+m(h)$$

Fauriella tenuis (n=11), Figs. 21, 22, 37.

日本産の *Fauriella* 属には本種がただ1種記載されているのみである。もちろん本属の染色体に関する報告はない。本研究では11個の染色体が観察されたが、このうち最大の1個は長腕に二次狭さを有し、その長腕の大部分と短腕の一部が異常凝縮を示した。すなわち H-染色体である。これにつぐ大形染色体としてはV型が1個、J型が2個観察された。このほかに6個の小形染色体があり、そのうち5個はv型、1個はj型であった。また最小の1個は異常凝縮をする h-染色体であった。したがって核型は次のとおりになる。

$$K(n)=11=V(H)+V+2J+6(5v+j)+m(h)$$

Fabronia matsumurae (n=11), Figs. 23, 24.

本属の染色体に関する報告は全然ない。著者の研究では11個の染色体が観察されたが、このうち最大の1個は短腕に二次狭さを有し、短腕の大部分と長腕の一部が異常凝縮を示す H-染色体であった。このほかに大形染色体としてはV型が1個、J型が1個認められた。また小形染色体は8個あり、そのうち5個はv型で2個はj型であった。さらに最小の1個は他の染色体に比べて小さく、異常凝縮を示した。すなわち m(h)-染色体である。したがって本種の核型は次のように表わされる。

$$K(n)=11=V(H)+V+J+7(5v+2j)+m(h)$$

Schwetschkeopsis japonica (n=11), Figs. 25, 26, 38.

日本産の *Schwetschkeopsis* 属には4種が記載されているが、いずれも染色体数すらわかっていない。今回の研究では11個の染色体が観察された。このうち最大の1個は長腕に二次狭さを有し、その大部分と短腕の一部に異常凝縮が認められた。すなわち H-染色体である。このほかに2個のV型染色体が認められたが、J型は観察されなかった。このほかに8個の小形染色体があり、このうち5個はv型で、2個はj型であった。また最小の1個は異常凝縮を示す h-染色体であった。したがって本種の核型は次のように表わされる。

$$K(n)=11=V(H)+2V+7(5v+2j)+m(h)$$

Figs. 15~30. Mitotic metaphase chromosomes and heteropycnosis in gametophytes. 15, 16, *Dolichomitra cymbifolia*, $n=11$; 17, 18, *Dolichomitriopsis diversiformis*, $n=11$; 19, 20, *Isothecium subdiversiforme*, $n=11$; 21, 22, *Fauriella tenuis*, $n=11$; 23, 24, *Fabronia matsumurae*, $n=11$; 25, 26, *Schwetschkeopsis japonica*, $n=11$; 27, 28, *Okamuraea brachydictyon*, $n=11$; 29, 30, *Okamuraea hakoniensis*, $n=11$.
×3000

***Okamuraea brachydictyon* ($n=11$), Figs. 27, 28, 39.**

本属の染色体に関する報告はない。本種の 11 個の染色体のうち最大の 2 個はともに短腕に二次狭さくを有し、異常凝縮の認められる H-染色体であった。この 2 個の H のほかに大形染色体としては J 型が 1 個認められるだけである。小形染色体は 8 個存在し、このうち 5 個は v 型で、2 個は j 型であった。また最小の 1 個は異常凝縮を示す m(h)-染色体であった。したがって本種の核型はつぎのようになる。

$$K(n)=11=2V(H)+J+7(5v+2j)+m(h)$$

***O. hakoniensis* ($n=11$), Figs. 29, 30.**

本種も上記の *O. brachydictyon* と同じく 11 個の染色体を有する。この 11 個の染色体個々の形態およびその構成もまた上記種とさきわめてよく類似している。したがってその核型も上記種と等しく、つぎのように示すことができる。

$$K(n)=11=2V(H)+J+7(5v+2j)+m(h)$$

考 察

これまでに報告されているセン類の染色体に関する研究では、胞子体を用いて減数分裂を観察し、その染色体数のみを扱ったものが多い。しかしセン類の核学的研究、とくに核型の研究には体細胞染色体の観察が必要である。またこの体細胞染色体の観察には半数染色体をもつ配偶体を用いるのが有利である。配偶体染色体に関するこれまでの諸研究では、野外または湿室中において栽培し、急激な伸長を始めた配偶体の先端部をきりとり、これを固定、染色して細胞学的観察に供している。したがってこのような栽培で急激な伸長を示しがたいセン類では配偶体による染色体の観察がきわめて困難になる。本研究ではこのように従来の方法では分裂像の多い材料のえがたいセン類をえらび、その再生を利用して分裂像の多い新配偶体を育成し、これについて核学的研究を行なった。すなわちこの培養法を用いることによって湿室中の栽培だけでは核学的研究の困難な材料も、そのセンに再生力があれば核学的研究の可能なことがわかった。またさらにこの方法は輸送な

どによって弱った材料,あるいは材料がいちじるしく少量なため従来の方法では核学的研究に不足な場合などにも適用できることが判明している。

本研究に使用した 14 属 15 種のセン類の染色体数は Table 1 に示したとおりであるが, このうち 10 属 11 種についてはこれまでに報告がなく今回著者によってはじめて, その染色体数が明らかにされたものである。これら 11 種以外の 4 属 4 種のうち *Dicranella heteromalla*, *Dolichomitriopsis diversiformis* および *Isothecium subdiversiforme* では過去の諸研究と結果を異にしている。また

Oncophorus crispifolius では同属異種に関する矢野⁶⁾,⁹⁾の結果と染色体数において一致している。

次に本研究によって明らかになった 15 種のセン類の染色体数は $n=11$, $n=12$ および $n=14$ の 3 とおりである。これらの染色体数からみれば, これら 15 種のセン類はいずれも 4 倍種に相当するものであり, その染色体数は Secondary basic number に属するものである (矢野⁶⁾。

さらに種間および属間において核型を比較すると以下のごとくなる。*Blindia* (Seligeriaceae) と *Dicranella*, *Oncophorus* (Dicranaceae) の 3 属は

Figs. 31~39. Photomicrographs of the mitotic metaphase chromosomes in gametophytes. 31, *Blindia japonica*, $n=14$; 32, *Dicranella heteromalla*, $n=14$; 33, *Brothera leana*, $n=12$; 34, *Pseudospiridentopsis horrida*, $n=11$; 35, *Dolichomitriopsis diversiformis*, $n=11$; 36, *Isothecium subdiversiforme*, $n=11$; 37, *Fauriella tenuis*, $n=11$; 38, *Schwetschkeopsis japonica*, $n=11$; 39, *Okamuraea brachydietyon*, $n=11$. $\times 2000$

いずれも染色体数が $n=14$ で、その核型も非常によく似ている。なかでも *Blindia* は他の2属と科を異にするにもかかわらず、これら2属によく類似している。このことから *Blindia* は *Dicranella* や *Oncophorus* に近縁であることが考えられる。しかもこれら3属の核型をみると、H- および h-染色体はもちろん、その他の染色体についてもたがいに形、大きさの似たものが2個ずつ存在している。このことから、これらの種がいずれも $n=7=V(H)+V+J+3(2v+j)+m(h)$ の核型をもった型のものから倍数化によって導かれたことが想像される。しかし同じ *Dicranaceae* に属する *Brothera leana* では染色体数が上記2属とは異なり、 $n=12$ である。しかも H, h をはじめとしてほぼ同形同大の染色体が2個ずつ認められる。これは明らかにこの種が $n=6=V(H)+V+J+2(v+j)+v(h)$ の型のものから倍化によって由来したことを暗示しているように思われる。すなわち *Brothera* ($n=12$) は $n=6$ のものから、*Dicranella* ($n=14$), *Oncophorus* ($n=14$) は $n=7$ のものから、それぞれ倍数化によって導かれたものと想像される。したがって現在 *Brothera* は *Dicranaceae* に分類されているが上記2属とはかなりちがったものではあるまいかと考えられる。以上の4属ではいずれもHおよびhがともに2個ずつ存在したが *Bryoxiphium* ($n=14$) ではH- および h-染色体がそれぞれ1個ずつしか認められない。しかし H, h 以外の染色体に関してはほぼ同形同大のものが2個ずつ存在している。以上のことから考えて、*Bryoxiphium* の型の核型は上記諸属の核型、すなわちHとhをそれぞれ2個ずつ

もった型のものからHとhの各1個に変化が起きて導かれたと推量することができる。

さらに *Okamuraea* の2種はともに $n=11$ で h-染色体は1個であるがHを2個有している。この点は他の $n=11$ のものに比べて特異的である。これはおそらく、この属が $n=6(H+4+h) \rightarrow n=12(2H+8+2h) \rightarrow n=11(2H+8+h)$ の変化、すなわち倍数化とhの消失によって生じたものであることを暗示しているように思われる。これはまた第I報¹⁾で報告した *Rhacopilum* における $n=11 \rightarrow 22 \rightarrow 21$ の場合に相当するものと思われる。*Okamuraea* 以外の染色体数 $n=11$ の諸属ではH-染色体はhと同様に1個しか認められない。このH, hともに1個の型は *Okamuraea* の型、すなわち $n=11(2H+8+h)$ からHのうちの1個が変化して $n=11(H+9+h)$ に至り安定化しているものと想像される。また染色体数が $n=11$ で同じ科に属している *Trachypus* と *Pseudospridentopsis*; *Dolichomitra* と *Dolichomitriopsis* と *Isothecium*; *Fabronia* と *Schwetschkeopsis* らはそれぞれ核型が非常によく類似しており、たがいに近縁であることを示しているように思われる。なお *Trachypus* および *Pseudospridentopsis* の核型は第I報¹⁾で報告した *Duthiella* の核型とよく類似し、これら諸属がたがいに近縁であることを示している。

終わりに臨み、本研究を遂行するにあたり、種の同定並びに分類学上の御教示をいただいた本学の野口教授に対し深謝の意を表する。また材料採集に御協力いただいた茅野・今江両氏に謝意を表する。

文 献

- 1) Inoue, S., Bot. Mag. Tokyo, **77**: 412 (1964).
- 2) —, ibid. (in Press).
- 3) Noguchi, A. and Furuta, H., Hattori Bot. Lab. **17**: 32 (1956).
- 4) —, and Miyata, I., Kumamoto J. Sci. Ser. B, Sect. 2, **3**: 1 (1957).
- 5) Yano, K., Bot. Mag. Tokyo, **67**: 243 (1954).
- 6) —, Memo. Fac. Educ. Niigata Univ. **6**: 1 (1957).
- 7) Khanna, K. R., Caryologia, **13**: 559 (1960).
- 8) Steere, W. C., Bot. Gaz., **116**: 93 (1954).
- 9) Yano, K., Jap. J. Genet., **32**: 67 (1957).
- 10) Anderson, L. E. and Crum, H., Contris. Bot. Natl. Mus. Can., Bull. **160** (1958).
- 11) Yano, K., Memo. Takada Branch, Fac. Educ. Niigata Univ., **1**: 129 (1957).
- 12) Sannomiya, N., J. Hattori Bot. Lab., **19**: 67 (1958).

Summary

This paper deals with the results of the karyological studies on fifteen moss species. In order to obtain vivid plants, a new method of culture was employed. In the cultures of these mosses, innovations were rarely produced. The regenerated young shoots from the fragments of stem or from the removed leaves were used for the karyological studies. In these karyological studies, metaphase and heteropycnotic chromosomes in the mitotic cells of gametophyte were observed. The chromosome numbers and karyotypes were determined as follows:

<i>Bryoxiphium japonicum</i>	$K(n) = 14 = V(H) + 2V + 2J + 8(4v + 4j) + v(h)$
<i>Blindia japonica</i>	$K(n) = 14 = 2V(H) + 2V + 2J + 6(4v + 2j) + 2m(h)$
<i>Dicranella heteromalla</i>	$K(n) = 14 = 2V(H) + 2V + 2J + 6(4v + 2j) + 2m(h)$
<i>Brothera leana</i>	$K(n) = 12 = 2V(H) + 2V + 2J + 4(2v + 2j) + 2v(h)$
<i>Oncophorus crispifolius</i>	$K(n) = 14 = 2V(H) + 2V + 2J + 6(4v + 2j) + 2m(h)$
<i>Trachypus humilis</i>	$K(n) = 11 = V(H) + 2J + 7(5v + 2j) + m(h)$
<i>Pseudosporidentopsis horrida</i>	$K(n) = 11 = V(H) + 2J + 7(5v + 2j) + m(h)$
<i>Dolichomitra cymbifolia</i>	$K(n) = 11 = V(H) + 2V + J + 6(4v + 2j) + v(h)$
<i>Dolichomitriopsis diversiformis</i>	$K(n) = 11 = V(H) + 2V + J + 6(4v + 2j) + m(h)$
<i>Isoetecium subdiversiforme</i>	$K(n) = 11 = V(H) + 2V + J + 6(4v + 2j) + m(h)$
<i>Fauriella tenuis</i>	$K(n) = 11 = V(H) + V + 2J + 6(5v + j) + m(h)$
<i>Fabronia matsumurae</i>	$K(n) = 11 = V(H) + V + J + 7(5v + 2j) + m(h)$
<i>Schwetschkeopsis japonica</i>	$K(n) = 11 = V(H) + 2V + 7(5v + 2j) + m(h)$
<i>Okamuraea brachydictyon</i>	$K(n) = 11 = 2V(H) + J + 7(5v + 2j) + m(h)$
<i>O. hakoniensis</i>	$K(n) = 11 = 2V(H) + J + 7(5v + 2j) + m(h).$