- II. Spine cells are widely distributed in the upper epidermis
 ——*C. oxyandra*, *C. Vanheurckii* and *C. melanocarpa*
- III. Neither spine cells, protuberances nor hairy cells are found, except in the margin
 ——*C. quadriflora* and *C. mira*
- IV. Stomata are distributed widely in the upper and under epidermis
 ——*C. lanceolata*
3. An analytical key to the four species of the first group as follows:—
1	{	Hairy cells occurring in the upper or under epidermis	——2
		Hairy cells never occurring in the epidermis	—— <i>C. globularis</i>
2	{	Hairy cells occurring in the upper and under epidermis. Stomata found in the upper epidermis near the margin of the leaves	—— <i>C. lasiolepis</i>
		Hairy cells occurring in the upper epidermis only. Stomata never found in the upper epidermis	——3
3	{	Upper epidermal cells 20–50 μ in length. Hairy cells long (average length about 250 μ). Stomata 20 μ in length	—— <i>C. gifuensis</i>
		Upper epidermal cells 50–100 μ in length. Hairy cells short (average length about 100 μ). Stomata 35 μ in length	—— <i>C. nanella</i>

硫黄紅色細菌及ビ無硫黄紅色細菌ノ相互 關係ニ關スル知見

中 村 浩

HIROSI NAKAMURA: Zur Kenntnis des gegenseitigen Zusammenhangs
 von Thio- und Athiorhodobakterien.

Eingegangen am 5. Februar 1938.

緒 言

細菌ニ依ル光合成ノ研究ハ最近ニ於ケル植物生理學上ノ興味アル問題ノ一トシテ注目セラレ、VAN NIEL, F. M. MULLER, H. GAFFRON, P. A. ROELOFREN, V. CZURDA 及ビ C. S. FRENCH 等ハ相繼イデ其研究ヲ發表シタ。著者モ數年來此問題ノ研究ニ從事シ、既ニ無硫黄紅色細菌ノ二種 *Rhodobacillus palustris* 及ビ *Rhodospirillum giganteum* ニ就イテソノ物質代謝生理ニ關スル獨自ノ研究ヲ發表シタ

ガ、著者ニ依ツテ始メテ明カニサレタ點ハ是等ノ細菌ガ光合成ノ結果酸素ヲ放出スル事實ヲ檢壓法ニヨリ確認シタ點、細菌ノ光合成ノ反應機作ガ全ク通常ノ綠色植物ノソレト異ナル事ナク、光合成ニ關スル柴田教授說ニヨリ説明サレ得ル事ヲ實證シタ點等ニアル。

細菌ノ光合成ニ關シ VAN NIEL 等ハコレヲ通常ノ綠色植物ノソレトハ異ナル特殊ナ光合成ト解釋スルノデアアルガ、VAN NIEL 等ノ說ニ反對セル著者等ノ此見解ニ對シ CZURDA, P. A. SPOEHR 等ハ賛意ヲ表シテ居ル。

最近更ニ硫黃紅色細菌ノ一種 *Chromatium minutissimum* ニ就イテソノ物質代謝生理ヲ研究シ、無硫黃紅色細菌 *Rhodobacillus palustris* トノ比較實驗ヲ行ヒ、從來疑問ノ儘殘サレテ居タ硫黃紅色細菌及ビ無硫黃紅色細菌間ノ相互關係ニ關スル問題ニ對シ實驗的ニ見出シタ新事實カラ解明ヲ與フル事ガ出來タト信ズルノデ、以下コレニ就イテ論述シタイト思フ。

材料及ビ研究法

研究材料トシテハ無硫黃紅色細菌ノ一種 *Rhodobacillus palustris* 及ビ硫黃紅色細菌ノ一種 *Chromatium minutissimum* ヲ選ンダ。前者ハ著者等ノ研究室ニ數年來純粹培養サレテキルモノデアリ、後者ハ最近著者ガ泥土中ヨリ分離シ純粹ニ培養シタモノデアル。*Rhodobacillus* ノ培養ニハ MOLISCH 氏ノペプトン・グリセリン培養基ヲ用ヒタ。ソノ處方ハ次ノ如クデアル。

ペプトン	5 g	K ₂ HPO ₄	0.5 g
グリセリン	5 g	FeSO ₄	痕跡
MgSO ₄	0.5 g	蒸溜水	1000 cc.

培養液ハ 300 cc 入エルレンマイエル・コルベンニ 200 cc 程滿タシ、滅菌、接種後、好氣状態ノ儘光箱中ニ 30–35°C ニ置ク。接種後 4–5 日デ全液赤變スル程繁殖ハ良好デアアル。*Chromatium* ノ培養ニハ VAN NIEL 氏ノ培養基ヲ用ヒタ。ソノ處方ハ次ニ示ス。

NH ₄ Cl	1 g	Na ₂ HCO ₃	1 g
K ₂ HPO ₄	1 g	Na ₂ S · 9H ₂ O	1 g
MgCl ₂	1 g	水	1000 cc.

(NaHCO₃ 及ビ Na₂S · 9H₂O ハ別ニ滅菌ス)

培養液ハ 100 cc 入長形試験管ニ 70cc 程滿シ、滅菌、接種後、細谷・岸野式嫌氣培養器ニ入レ水素氣或ハ德田氏混合氣 (H₂S : CO₂ : H₂ = 1 : 2 : 27) ヲ通ジ、光箱中ニ 30–35°C ニ置ク、7–10 日後ニ細菌ノ繁殖ニ因リ全液ハ桃色ヲ呈スルニ至ル。

實驗使用前ニ細菌ヲ各培養瓶ヨリ遠心器ノ助ケニヨリ集メ 3–4 回蒸溜水ヲ以テ洗滌シ 0.9 パーセント食鹽水中ニ懸濁セシメル。

物質代謝生理ニ關スル研究ハ WARBURG 氏檢壓法ニ依ツタ。檢壓計容器ニハ細菌懸濁液、磷酸緩衝液、添加物質等ハ次ノ割合デ裝備シタ。

主室中： 0.5 ccm 細菌懸濁液及ビ 0.5 ccm M/4 磷酸緩衝液及ビ 1.0 ccm 蒸溜水

側室中： 0.5 ccm 添加物質溶液

内室中： 0.5 ccm 5% 苛性加里，但炭酸吸収測定ノ場合ハ 0.5 ccm 水。

容器ハ 32°C ノ水槽中ニ沈メ，下方ヨリ 20 糎ノ距離カラ 100 ワツトノ電燈ヲ照射シ得ル如ク装置スル，容器内ノ空氣ヲ水素，窒素等ニ置換スル場合ハ充分ニ洗滌シテ用ヒル。

顯微鏡の觀察ハアニン青染色法ニ依ツタ。

硫黄紅色細菌及ビ無硫黄紅色細菌ノ培養上ノ諸性質ノ比較

硫黄紅色細菌及ビ無硫黄紅色細菌ハ共ニ細胞内ニ細菌葉綠素 (Bacteriochlorophyll) 並ビニ數種カロチノイド色素ヲ含有シ，且分布的ニ見テモ互ニ混在シテ棲息スルモノデアルガ，前者ハ通常アウトローフニ生活シ，且體內ニ硫黄粒ヲ含蓄スルニ反シ，後者ガヘテロローフニ生活シ，且體內ニ硫黄粒ヲ含蓄シナイ點カラ此兩者ハ從來分類學上明瞭ニ區別サレテキタノデアル。然ルニ MOLISCH ハ前ニ硫黄紅色細菌 (*Chromatium*) ヲヘテロローフニ培養シ得ル事ヲ報ジ，VAN NIEL 及ビ MÜLLER ハ同ジク硫黄紅色細菌 (*Thiocystis* 及ビ *Chromatium*) ガ種々ナル有機酸鹽ヲ含ム培養基上ニ繁殖スル事ヲ觀察報告シテキル。著者ハ硫黄紅色細菌 (*Chromatium*) ヲ有機酸鹽 (例ヘバ林檎酸ナトリウム) ヲ含ム有機培養基 (硫化水素ヲ含マズ) 中ニ發育シ得ル事ヲ觀察シタ。從ツテ硫黄紅色細菌及ビ無硫黄紅色細菌ノ兩者ヲソノ發育ガアウトローフデアルカヘテロローフデアルカノ觀點ヨリ區別スル事ハ妥當ヲ缺ク事トナル。

次ニ兩者ノ硫化水素ニ關スル關係デアルガ，硫黄紅色細菌ガ通常ソノ發育ニ硫化水素ヲ用ヒルニ反シ，無硫黄紅色細菌ハコレニ無關係デアルト考ヘラレテキタノデアルガ，著者ノ前ノ報告ニ明カナ如ク，硫化水素ハ無硫黄紅色細菌ニ無害デアルノミナラズ，長期間硫化水素中ニ培養シタモノハ硫化水素ヲソノ光合成ニ用ヒル事ガ出來ル點ヲ明カニシタ。從ツテ無硫黄紅色細菌モ亦硫黄紅色細菌ト同ジクアウトローフニモ生活シ得ルモノデアリ，コノ點カラモ兩者ヲ明確ニ區別スル事ハ出來ナイノデアル。

併シコヽニ當然提出サルベキ疑問ハ硫黄紅色細菌ガ通常細胞内ニ硫黄粒ヲ蓄積スルニ反シ無硫黄紅色細菌ガ硫化水素ヲソノ物質代謝ニ用ヒル場合モ通常細胞内ニ硫黄粒ヲ蓄積シナイ事實デアル。CZURDA ハコノ據點ヨリ著者ノ前ノ報告ヲ批判シ尙未解決ノ問題ガコノ點ニアル事ヲ指摘シタガ，コノ論點ニ關シテハ後ニ詳述スル。

硫黄紅色細菌及ビ無硫黄紅色細菌ノ光合成ニ關スル比較研究

硫黄紅色細菌及ビ無硫黄紅色細菌ハ共ニ細菌葉綠素ニ因ル光合成の生活ヲ營ムモノデアルガ，前者ガ通常アウトローフニ生活スルニ反シ，後者ハ通常ヘテロローフニ生活スル。VAN NIEL ハ細菌ノ光合成及ビ反應機作ヲ WIELAND 說又ハ KLUYVER-DONKER 說ニ基ク酸化還元反應トシテ説明シ，次ノ式ヲ提出シタ。

コゝニ H_2A ハ水素供與體ヲ示シ、水分子、硫化水素分子、其他或種ノ有機酸素等ガ水素供與體トナル。從ツテ通常ノ綠色植物ノ場合ハ光合成過程ニ於ケル水素供與體トシテハ常ニ水分子ガ働キ、ソノ結果**フォルムアルデヒド**ト酸素ヲ生ズルガ、細菌ノ場合ハ硫化水素或ハ有機酸ガ水素供與體トシテ働キ**フォルムアルデヒド**ト水素供與體自身ノ酸化生成物(例ヘバ硫化水素ガ水素供與體ノ場合ハ硫黃)ヲ生ジ酸素ハ放出シナイ。要スルニ VAN NIEL 説ニヨレバ細菌ノ光合成ニ於テハソノ反應過程ニ於テ水分子以外ニソレゾレ特殊ナ水素供與體ヲ考ヘルノデアル。

コレニ反シ著者等ノ見解ハ光合成ハ細菌或ハ高等植物ノ如何ヲ問ハズ、常ニ水分子ヲ水素供與體トシ

ナル反應式ニ從ヒ、**フォルムアルデヒド**以外ニ中間生成物トシテ四箇ノ OH-基ヲ生ズル(柴田説)。通常ノ綠色植物ニ於テハコノ四箇ノ OH-基ガ $4\text{OH} = 2\text{H}_2\text{O}_2$ ノ如ク反應シ過酸化水素ヲ生ジ、コノ過酸化水素ハ酵素**カタラーゼ**ノ作用ニヨリ直ニ H_2O ト O_2 ニ分解サレル。硫化水素ガ存在スル場合ニハ光合成ノ主反應ハ上ノ場合ト同様デ先ヅ四箇ノ OH-基ヲ生ジ

ナル反應式ニ從ヒ、水ト硫黃ヲ生ジ、有機酸鹽等ガ存在スル場合ニハコレ等ノ物質ガ一旦脱水素酵素ノ作用ニヨリ脱水素サレ、生ジタ H-原子ガ

ノ如ク反應シ直ニ水トナル。又分子狀水素ガ存在スル場合ニハ四箇ノ OH-基ハ直ニ分子狀水素ト反應シ

トナル。

斯クノ如ク著者等ノ見解ニ依レバ光合成ノ主反應ハ如何ナル場合ニモ共通デアツテ、硫化水素、有機酸鹽、分子狀水素等ノ介在スル場合ノ光合成ハコレヲ特殊ナモノト解釋セズ、當然起リ得ベキ側反應トシテ了解セラレルノデアル。從ツテコノ側反應トシテ誘起サレル諸反應ハ生物體ノ生活スル媒質ノ状態、或ハコレ等媒質中ニ含マレル物質ニ特殊作用ヲ有スル酵素或ハ酵素系ガ生物體內ニ存在スルヤ否ヤニヨリ決定セラレルコト、ナル。

コゝニ一例ヲ引用スレバ、著者ハ前ニ硫化水素含有基中ニ生活スル二三下等藻類(*Oscillatoria* 及ビ *Pinnularia*) ガ硫黃紅色細菌ト同ジク、ソノ光合成ニ硫化水素ヲ用ヒ、ソノ結果ソノ副産物トシテ細胞内ニ硫黃粒ガ出現スル事ヲ立證シタガ、コノ事實ハ VAN NIEL 説ニ依レバ藻類ノ場合ニモ水分子以外ニ硫化水素ガ水素供與體トシテ働キ得ルコト、ナリ、藻類ノ光合成ニ於ケル一異例トシテ解釋シナケレバナラナイニ反シ、著者等ノ見解ニヨレバ、カゝル現象ハ當然起リ得ベキ普通ノ現象トシテ了解サレル。

サテ次ニ種々ナル物質ガ存在スル場合ノ硫黃紅色細菌及ビ無硫黃紅色細菌ノ光合

成ノ比較實驗ヲ記述スル。第一圖ハ硫黃紅色細菌 (*Chromatium*) 及ビ無硫黃紅色細菌 (*Rhodobacillus*) ノ光合成ヲ脂肪酸鹽 (M/30 酪酸加里) ノ存在ノ下ニ測定シタ結果デアルガ、ソノ炭酸吸収ハ兩者共ニ著シイ。闇ニ於テ曲線ガ上昇ヲ示スノハ細菌自體ノ嫌氣呼吸ニヨリ炭酸瓦斯ガ放出サレル爲デアル。コノ現象ハ著者ガ前ニ解明セル如ク光合成ノ主反應ニ於テ中間生成物トシテ生ズル四箇ノOH-基ト脂肪酸脱水素酵素ノ作用ニヨリ脂肪酸ガ脱水素サレ生ジタ水素原子トノ反應ニヨリ説明サレ得ルノデアルカラ、兩種ノ細菌ガ脂肪酸脱水素酵素ヲ共有スル事ガ明カデアル、尙コノ事實ハ脂肪酸鹽ヲ水素供與體トスルメチレン青還元ノ實驗 (THUNBERG 法ニヨル) カラモ確認サレタ。

第一圖

脂肪酸鹽ノ存在スル場合ノ光合成
細菌乾燥量: *Rhodobacillus* 約 12 mg.
Chromatium 約 14 mg.
容器瓦斯腔: 95% N_2 + 5% CO_2 , 32°.

第二圖

硫化水素ノ存在スル場合ノ光合成
細菌乾燥量: *Rhodobacillus* 約 13 mg.
Chromatium 約 16 mg.
容器瓦斯腔: 95% N_2 + 5% CO_2 , 32°.

次ニ硫化水素ガ存在スル場合ノ硫黃紅色細菌及ビ無硫黃紅色細菌ノ光合成ヲ比較實驗スルト、光合成ノ中間生成物トシテ生ズル OH-基ト硫化水素トノ反應ガ兩者共同様ニ起ル事ガ確メラレタ(第二圖参照)。コノOH-基ト硫化水素トノ反應ノ結果硫黃ヲ生ジ、顯微鏡ノ細胞内ニコレガ觀察サルベキデアルガ硫黃紅色細菌ニハコレガ觀察サレルガ、無硫黃紅色細菌ニハ通常コレガ觀察サレナイ、コノ點ニ關シテハ次ニ詳論スル。

硫黃紅色細菌及ビ無硫黃紅色細菌ノ硫黃及ビ硫化物ノ還元作用

著者ハ前ニ無硫黃紅色細菌 (*Rhodobacillus*) ガ水素化酵素 (Hydrogenase) ヲ含有シ、水素氣中ニ於テ硝酸鹽及ビメチレン青ヲ還元スル事ヲ報ジタガ、最近該菌ガ同

山縣春次氏及び著者ノ研究ニヨリ水素化ナル現象ハ次ノ如ク説明サレル、即チ

實驗ハ水素化作用ニ於ケル水素受容體トシテ硫酸鹽、**チオ**硫酸鹽及ビ硫黃ヲ與ヘ行ツタ。先ヅ硫酸鹽ヲ水素受容體トスル場合、硫黃紅色細菌 (*Chromatium*) デハ著シイ水素吸收ガ水素氣中ニ於テ見ラレルニ反シ、無硫黃紅色細菌 (*Rhodobacillus*) デハ水素吸收ハ全然見ラレナイ。次ニ**チオ**硫酸鹽ヲ水素受容體トスル場合ハ兩者共ニ著シイ水素吸收が見ラレル。次ニ硫黃ヲ水素受容體トスル場合ニハ興味アル事ニハ硫黃紅色細菌ハコレヲ用ヒ得ナイニ反シ、無硫黃紅色細菌ハコレヲ水素受容體トシテ水素受容體トシテ著シク水素ヲ吸收スル (第三圖參照)。以上ノ結果ヲ示スト次ノ表ノ如クナル。

第三圖
硫黃ノ存在スル場合ノ水素化作用

細菌乾燥量: *Rhodobacillus* 約 8 mg.
 Chromatium 約 10 mg.
 容器瓦斯腔: 水素, 32°.

細菌種	還元能		
	硫酸鹽	才 硫酸鹽	硫黃
硫黃紅色細菌 (<i>Chromatium</i>)	+	+	—
無硫黃紅色細菌 (<i>Rhodobacillus</i>)	—	+	+

コノ實驗デ明カナ如ク 硫黃紅色細菌ガ細胞内ニ硫黃粒ヲ含蓄 スルニ反シ無硫黃紅色細菌ガ コレヲ含蓄 シナイ事實ハ前者ガ硫黃ヲ 還元スル能力、即チ硫黃還元酵素(或ハ酵素系)ヲ有シナイニ反シ後者ガ コレヲ有スルトナス事カラ容易ニ了解サレル。從ツテ 無硫黃紅色細菌ニ於テハ譬ヘ光合成ニ於テ 硫化水素ヲ酸化シテ硫黃ヲ生ジテモ 硫黃ハ直ニ

再び硫化水素ニ還元サレ細胞内ニ蓄積シナイ理デアル。從ツテ從來形態學的ニ重大

ナ相違點デアツタ細胞内ノ硫黄粒ノ有無ハ單ニ一酵素(或ハ酵素系)ノ存否如何ニ歸ス事ガ出來ル。

嘗テ GAFFRON ハ硫黄紅色細菌ノ一種 *Thiocystis* ガ硫酸鹽ヲ闇ニ於テ還元シ硫化水素ヲ生ズル事ヲ觀察シ, ROELOFSEN ハコレヲ硫酸鹽還元細菌ガ混在スル細菌株ノ不純ノ爲トナシ, 後ニ VAN NIEL ハ同様な實驗ヲ行ヒ紅色硫黄細菌 (*Thiocystis*) ハ確カニ闇ニ於テ硫酸鹽ヨリ硫化水素ヲ生ズルガ, コノ現象ハ水素氣中ニ於テノミ觀察サレル事ヲ報ジ, 且ソノ理由ハ不明デアルト述ベタガ, コレ等ノ觀察ハ著者ノ實驗結果ヨリ明瞭ニ説明シ盡サレルモノデアル。

結 言

以上述べ諸事實ヨリ結論セラレル事ハ硫黄紅色細菌及ビ無硫黄紅色細菌ノ主ナル相違點ハ硫黄及ビ硫化物ニ對シ獨自ニ作用スル酵素(或ハ酵素系)ヲ異ニスル點デ形態的ニ前者ガ硫黄ヲ細胞内ニ含蓄シ, 後者ガコレヲ有サナイノハ前者ハ硫黄還元酵素ヲ缺キ後者ガコレヲ有スルトナス事カラ了解サレル。其他ノ物質代謝, 特ニ光合成ニ於テハ兩者ハ極メテ類似シタ關係ニアリ, 從ツテコノ兩者ヲ從來ノ如ク各異ナル科ニ區別スル事ハ妥當デナイト考ヘル。

終リニ臨ミ本研究ニ對シ終始御懇篤ナル御指導, 御鞭撻ヲ賜ツタ柴田桂太先生竝ニ田宮博博士ニ對シ厚ク感謝致シマス。尙本研究ハ財團法人服部報公會ノ援助ニヨツテ行ハレタモノデアル事ヲ附記スル。

東京帝國大學理學部植物學教室

引 用 文 献

- W. BAVENDAMM: Ergebnisse der Biologie, **13** (1936), 1.
 V. CZURDA: Arch. f. Mikrobiol., **7** (1936), 110; **8** (1937), 99.
 C. S. FRENCH: Science, **84** (1936), 575; Journ. Gen. Physiol., **20** (1937), 711; **21** (1937), 715.
 H. GAFFRON: Biochem. Ztschr., **260** (1933), 1; **269** (1934), 447; **275** (1935), 1; Naturwiss., **24** (1936), 103; **25** (1937), 715.
 中 村 浩: Acta Phytochim., **9** (1937), 189; **9** (1937), 231; **10** (1937-38), 211; Bot. Mag. (Tokyo), 本誌 **51** (1937), 529.
 P. A. ROELOFSEN: Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, **37** (1934), 660; On Photosynthesis of the Thiorhodaceae. Diss. Utrecht, 1935.
 柴 田 桂 太: 炭素及ビ窒素ノ同化作用, 岩波講座; Naturwiss., **21** (1933), 267.
 徳 田 省 三: Bot. Mag. (Tokyo), 本誌 **50** (1936), 393.
 C. B. VAN NIEL: Arch. f. Mikrobiol., **3** (1931), 1; C. B. VAN NIEL u. F. M. MULLER; Rec. trav. botan. néerl., **28** (1931), 245; F. M. MULLER: On the Metabolism of the Purple Sulphur Bacteria in Organic Media Diss. Utrecht, 1933; C. B. VAN NIEL: Arch. f. Mikrobiol., **7** (1936), 323; Les photosynthèses bactériennes, 1936, Nancy.

Résumé.

Die Stoffwechseltypen von Thio- und Athiorhodobakterien wurden vergleichend untersucht. Der Unterschied von beiden Typen ist wohl kein absoluter, wenn man vom Verhandensein der Schwefelkügelchen im Zellinnern absieht. Das Vorkommen oder Nichtvorkommen des Schwefelkügelchens im Zellinnern bei den Thio- bzw. Athiorhodobakterien hängt lediglich von der An- oder Abwesenheit eines Enzyms oder Enzymsystems ab, das auf den gebildeten Schwefel spezifisch reduzierend einwirkt.