

〈綜說〉

光合成細菌의 生理 및 利用에 關한 最近의 動向

李 光 雄

(서울大學校 文理科大學 植物學科)

General Characters and Applications of Photosynthetic Bacteria

LEE, Kwang-Woong

(Department of Botany, Seoul National University)

I. 緒 論

지구상에 서식하고 있는 모든 생명체는 그 생활에 요구되는 energy를 光合成作用에 근원하여 얻고 있다. 光 energy를 化學 energy로 변화시키는 것이 光合成의 근본내용이라고 할 때, 전 생물의 energy 근원은 光 energy라고 말할 수 있겠다. 이러한 光 energy의 획득은 녹색식물에 의하여 대부분 이루어지고 있으나, 미생물중에서도 光 energy를 직접 전환하여, 여러가지 생체내 반응을 진행시키는 동력의 원천이라고 할 수 있는 ATP를 생산하는 것들이 있음이 1883年 Engelmann에 의해서 발견되었다. 이들 세균, 즉 光合成細菌의 발견은 녹색식물보다 약 100년이후의 일이나 van Niel에 의하여 녹색식물의 光合成기작과 통일된 해석이 주어진 이래 현저한 연구, 발전이 이루어져 왔다. 이 光合成세균에 대한 관심과 연구가 점점 높아짐에 따라 최근 이 세균의 이용연구가 활발히 추진되고 있는데 이러한 연구의 보다 많은 진척에 따라서는 공해의 한 주요요인이 되고 있는 폐수처리뿐만 아니라 새로운 미생물공업의 일익으로써 자원화할 수 있다는 점에서 매우 중요시 된다고 사료된다. 이에 光合成세균에 대한 기초적인 내용과 최근의 연구동향을 살펴 봄으로써 학술적인 면과 응용면에서의 발전이 이루어질 것을 바라코자 한다.

II. 光合成細菌에 對하여

형태학적, 분류학적으로 다른 미생물과는 크

게 구분되는 光合成細菌은 photosynthetic metabolism이라는 독특한 방법을 가지고 있다는 것으로 특징지어진다. 이 세균에서의 光合成은 녹색식물에서의 光合成 process와는 대조적으로 분자상의 산소를 방출하지 않으며, 외부로부터의 수소공여체의 존재를 요구한다. 수소공여체의 산화가 곧 녹색식물 경우의 산소방출에 해당하는 것이다. 이 光合成세균의 일반적인 사항을 우선 간단히 살펴 보고자 한다.

1) 光合成細菌의 分類 및 代謝

Table 1과 같이 3과 24屬으로 나누고 있다. 즉 녹색유황세균(*Chlorobacteriaceae*)은 7屬, 홍색유황세균(*Thiorhodaceae*)은 13屬, 홍색비유황세균(*Athiorhodaceae*)은 4屬으로 되어 있는데 최근 Pfennig(1969)는 신종을 발견한 바 있다.

Table 1. Classification of Photosynthetic Bacteria

Family	Genus
<i>Chlorobacteriaceae</i> (Green sulfur bacteria)	<i>Chlorobium</i> , <i>Chloropseudomonas</i> , <i>Chlorobacterium</i> , <i>Pelodictyon</i> , <i>Chlorochromatium</i> , <i>Clatrochloris</i> , <i>Cylindrogloea</i>
<i>Thiorhodaceae</i> (Purple sulfur bacteria)	<i>Chromatium</i> , <i>Thiospirillum</i> , <i>Thiosarcina</i> , <i>Amoebobacter</i> , <i>Thiopedia</i> , <i>Thiopolycoccus</i> , <i>Thiocapsa</i> , <i>Thiodictyon</i> , <i>Thiothece</i> , <i>Thiocystis</i> , <i>Rhodothese</i> , <i>Lamprocystis</i> , <i>Rhodomonas</i>

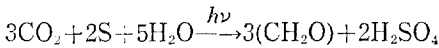
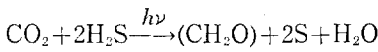
<i>Athiorhodaceae</i>	<u><i>Rhodospseudomonas</i></u> ,
(nonsulfur	<u><i>Rhodospirillum</i></u> ,
purple bacteria)	<u><i>Rhodomicrobium</i></u> , <i>Vanniella</i>

The genera underlined are the best known ones.

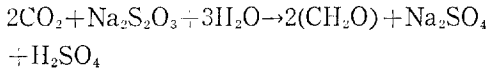
녹색유황세균은 전부 obligate anaerobe 로서 수소공여체로서는 환원된 유황화합물과 수소를 이용하며 예외적으로 저급지방산등의 유기물도 이용한다. 유기생장인자는 요구치 않는다.

이 세균의 photometabolism 은 이용하는 수소공여체에 따라 다음의 4가지 형태로 이루어지고 있다.

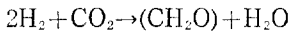
① Sulfide: (*Chlorobium thiosulfatophilum* 에 의하여)



② Thiosulfate: (*Chlorobium thiosulfatophilum* 에 의하여)



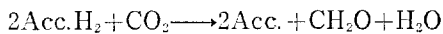
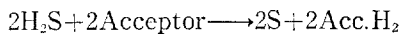
③ Hydrogen: (*Chl. thiosulfatophilum*, *Chl. limicola* 에 의하여)



④ Organic compound : (조건에 따라 다르며 거의 잘 이용하지 않는다.)

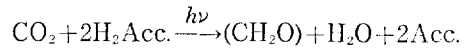
이 녹색세균은 균체내에 유황립을 축적하지 않는다.

홍색유황세균은 역시 obligate anaerobe 이며 수소공여체로서는 환원된 유황화합물이나 수소는 물론 여러가지 유기물을 이용할 수 있다. 이 세균도 생장인자는 요구하지 않으나, 반응후 균체내에 유황립은 포함한다. 이 세균의 광반응을 일반식으로 표시하면, 아래와 같다.

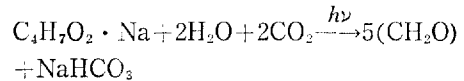


홍색비유황세균은 상기한 2가지 group 과는 3가지 점에서 다른 것으로서, 즉 첫째, 이 세균은 그 수소공여체로서 무기물보다는 유기물을 우선적으로 이용한다는 점(몇몇 종은 무기물로서

유황화합물을 이용할 수도 있다). 둘째, 이 세균의 모든 종은 그 생장에 한가지 또는 두 가지 이상의 vitamin 을 요구한다는 점(*Rhodomicrobium* 은 예외), 셋째, 이 세균의 대부분의 종들은 光의 존재하에서 호기적으로도 생장이 가능하며 暗所에서는 호기적으로 자란다는 점이다(이때에는 호흡에 필요한 수소공여체로서 光合成時에 사용되는 유기물과 같은 것을 이용하는데 이경우의 이 세균은 보통의 heterotroph 와 유사하게 보일뿐만 아니라 실제 생리적으로도 호흡과 광합성은 상호전환이 가능하다). 주로 저급지방산등의 유기물을 수소공여체로 잘 이용하는 이 세균의 반응식은 van Niel 에 의하여



와 같이 나타내졌으며, 이 후의 연구로는 이 세균이 유기물을 수소공여체로 이용하는 외에 탄소원으로도 이용한다는 것이다. 이는 아래의 醱酸의 利用式으로 보이는 예와 같다.



또한 이 홍색비유황세균의 生長에 필수적으로 요구되는 生長因子는 균종에 따라 그 요구성이 다른데 Table 2에서 참고할 수 있겠다.

Table 2. Growth Factors of Nonsulfur Purple Bacteria

Growth Factor	Species				
	<i>R. palustris</i>	<i>R. capsulatus</i>	<i>R. spheroides</i>	<i>R. gelatinosa</i>	<i>R. rubrum</i>
Biotin		+	+	+	+
p-Aminobenzoic acid	+				
Thiamine		+	+	+	
Nicotinic acid		+	+		

光合成細菌은 질소고정능력을 가지고 있어 자연계에서의 질소순환의 중요 역할도 담당하고 있다. 한편 모든 광합성 세균이 반드시 위의 3 group 내에 명확하게 들어 맞는 것은 아니어서 홍색비유황세균인 *Rhodomicrobium vanniellii* 는 그 수소공여체로서 유기물은 요구하면서도 어떤

한 growth factor도 요구하지 않는다. 이 균종은 따라서 *Athiorhodaceae*와 *Thiorhodaceae*의 사이에 위치하게 된다. 더우기 이 균은 형태적으로도 다르며 증식방법은 단순한 분열법에 의하지 않고 tube 상의 out-growth를 내어 이를

통하여 낭핵이 이동, 이 tube의 끝에 낭세포를 형성하는 것이다.

이상에서 언급한 광합성세균의 종류와 그 특성을 간략하게 나타내면 Table 3와 같다.

Table 3. Some Characteristics of the three major Groups of Photosynthetic Bacteria

Group	Hydrogen donor			Growth Factor	Carbon Source	Growing Condition	Nitrogen Fixation
	Inorg.* comp.	H ₂	Org.** comp.				
<i>Chlorobacteriaceae</i>	+	+	±	None	CO ₂	Light, anaer.	Yes
<i>Thiorhodaceae</i>	+	+	+	None	CO ₂ , Org. comp.	Light, anaer.	Yes
<i>Athiorhodaceae</i>	±	+	+	Various vitamins	Org. comp. CO ₂	Light, anaer. Light, aer. Dark, aer.	Yes

+, use well; ±, be used by some spp. only; ±, use scarcely;
*, H₂S, H₂S₂O₃, etc;
**, Organic acids, alcohols, etc.

2) 光合成細菌의 色素

광합성세균의 photosynthetic pigment system은 녹색식물에서와 같이 chlorophyll과 여

러가지 carotenoid 색소로 구성되어 있지만 이들 색소는 녹색식물의 색소와는 다른 것이다. 홍색세균(*Thiorhodaceae*, *Athiorhodaceae*)은 bacteriochlorophyll을 가지고, 또 녹색세균(*Chlorobacteriaceae*)은 chlorobium chlorophyll을 가지고 각각 光合成에서 cyclic photo-phosphorylation을 할 수 있는 것이다. 홍색세균은 홍색의 carotenoid系에 의한 것이며 bacteriochlorophyll은 역시 녹색이다. Bacteriochlorophyll과 chlorophyll a의 구조의 비교는 Fig. 1에서 보

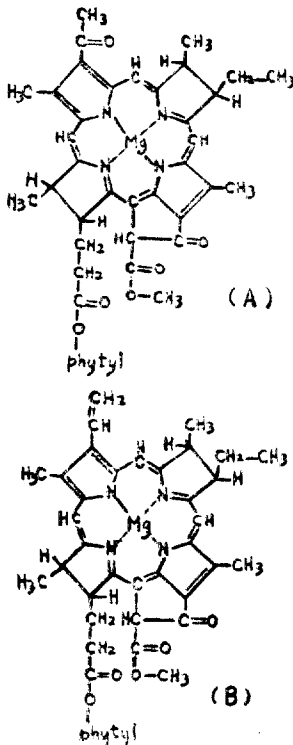


Fig. 1. Structural formulae of bacteriochlorophyll (A) and chlorophyll a (B).

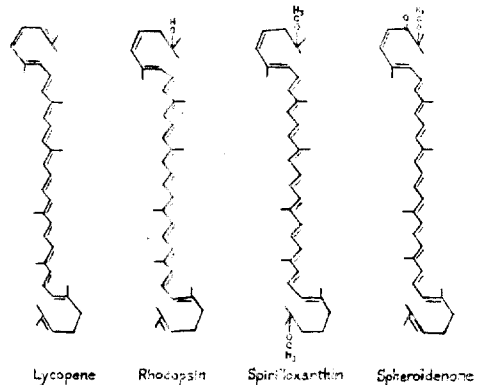


Fig. 2. Structures of some Carotenoid Pigments of Photosynthetic Bacteria.

이는 바와 같으며 광합성 세균의 carotenoid 색소구조는 Fig. 2에서 그 일부를 볼 수 있었다.

Bacteriochlorophyll과 chlorobium chlorophyll은 chlorophyll처럼 magnesium porphyrin 화합물이다. Chlorobium chlorophyll의 구조는 미상이나 bacteriochlorophyll은 chlorophyll a와는 2가지 점에서 구별되는데 첫째 pyrrole ring I의 position 2에서의 substituent는 vinyl 대신 acetyl이며, 둘째, pyrrole IV는 환원된다는 점이다.

Spectrum에서 광합성세균의 chlorophyll은 녹색식물의 chlorophyll보다 더 긴 파장에서 흡수하는 반면에 세균의 carotenoid는 녹색식물의 그것들보다 어느 정도 더 짧은 파장에서 흡수한다.

Table 4. Absorption Maxima of Bacterial and green Plant Chlorophylls

Chlorophyll Type	Absorption maxima in ether (m μ)	Long wavelength absorption maxima <i>in vivo</i> (m μ)
Chlorophyll a	660, 614, 429	670~680
Bacteriochlorophyll	770, 574, 357	810; 850~870, 890
Chlorobium chlorophyll	659, 431, 408	750

이로보아 광합성세균의 모든 photosynthetic pigment system은 녹색식물이 흡수하지 않는 光을 흡수하는 것으로 보인다.

光合成색소에는 직경 약 50m μ 인 chromatophore가 있는데 lamellae구조가 없는 것으로써 녹색식물의 grana와는 구분된다. 이 chromatophore에는 광합성의 여러 반응을 촉매해 주는 수많은 효소들이 위치하고 있다. 색소의 합성시 그 조건을 보면, 호기적 생장이 가능한 홍색비유향세균에 있어서 산소분압이 충분히 높으면 색소합성이 전면적으로 억제되며 이 억제는 光의 세기등 조건과는 관계가 없다. 특히 光合成色素나 chromatophore의 합성에는 光을 필요로 하지 않으며 오직 산소분압이 감소되어야

한다. 산소가 없을 때라면 光의 세기에 따라 光合成색소의 농도가 달라지는데 光이 강하면 색소의 농도는 감소된다.

대부분의 광합성세균은 운동성이 있으며 또 일종의 phototaxis의 형태를 나타내는데 광원을 향해 움직이는 *Euglena* 같은 것과는 달리 보다 어두운 background를 가진 밝은 부분에 세포가 농축된다. 光波長의 변화에 따른 phototactic response의 다양성은 광합성율의 다양성을 나타낸다.

3) 光合成細菌의 分布

이 세균의 서식장소는 매우 광범위하다. 논, 또랑, 하천, 해안토, 하수처리장 등등 沈水狀態에 있는 장소에는 거의 다 존재할 뿐만 아니라, 수온 0°C가 되는 水下の 남극해안토에서도 생존가능하며, 반대로 90°C가 되는 온천에서도 생육하고 있는 균주가 있다. 또 2,000m의 심해수에서도 생육이 인정되었다. 이와같이 온도나 압력에 대한 耐性外에 耐鹽性도 있어 10%이하의 食鹽濃度에서는 充分히 生長이 可能하고, 30%의 염농도의 鹽水湖에서도 이 菌을 分離한 例가 있는 것이다. 대체로 光合成細菌이 가장 많이 分布되어 있는 곳은 BOD 값이 높은 더러운 장소로서 Table 5에 나타낸 바와 같다.

Table 5. Number of Photosynthetic Bacteria.

Habitat	Cells/gm.
Water-course (BOD 250ppm)	10 ⁶ ~10 ⁷
Lake (BOD 10ppm)	10 ² ~10 ³
River (BOD <1.0 ppm)	~10
Water Plant (Active mud type)	10 ⁵ ~10 ⁷
Rice paddy soil	10 ⁵ ~10 ⁶
Coastal soil	10 ³ ~10 ⁴

III. 光合成細菌의 利用

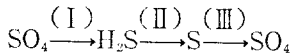
光合成세균인 홍색 및 녹색 유향세균의 대사 활동에 의하여 이루어지고 있는 유향의 생산이 기업적으로 행해지고 있는 호수가 세계에는 꽤 존재하고 있는데 이들 호수 때 20km²에서는 연간 100ton의 유향생산량이 기록되고 있다.

특히 근래에 커다란 문제의 하나로 대두되어

있는 공해면에 있어 光合成세균이 폐수처리예 보다 효율적임이 판명되고 있으며 또 세균체에 포함된 각종 영양물질을 인간생활에 이용하고자 하는 등, 光合成세균의 이용은 최근 많은 연구의 진전과 함께 매우 큰 관심을 불러 일으키고 있어 이제 그 동향을 살펴 보고자 한다.

1) 벼 증식 촉진에의 이용

각종의 미생물은 그 생활장소에서 환경에 따라 각각 그 소장을 달리하고 있다. 하천, 양어장등에 있어서 이러한 미생물군의 소장관계를 파악함은 오염문제 해결은 물론 또 다른 경제적인 이득을 볼 수가 있는 것이다. Kobayashi는 이런 견지에서 水田土壤에서의 미생물군의 經時的 變동을 십여년간 연구함으로써 미생물의 소장변동관계를 그 대사와 관련, 화학식으로 다음과 같이 표시하였다.



여기에서 (I)의 반응은 유산환원균에 의하여, (II)의 반응은 광합성세균, 특히 *Thiorhodaceae* 와 *Chlorobacteriaceae* 에 의하여 일어난 것이고 (III)의 반응은 유황세균과 같은 미생물의 작용에 의하여 크게 일어나는 것이다.

미생물의 변동에서 문제시되는 것은 유황환원균에 의하여 발생된 H₂S가 벼의 뿌리에 해를 미치고 있으며, H₂S뿐만 아니라 NH₃, NO, NO₂ 등이나 부패에 의한 악취물, 독성산물의 축적등도 하천의 오염에 증식을 이루고 있다는 것이다.

자연계에서 일어나는 이와 같은 현상을 억제제 등 약품을 사용하여 막으려 하고 있으나 이는 耐性菌의 발생 또는 어패류에 대한 2차적 공해발생의 요인이 되는 등 부작용을 유발하므로 사용할 수 없는 것이다. 이 때문에 독성산물의 축적 제거방법으로서 미생물을 이용하여 이들 독성산물을 보다 빨리 없이하는 방법이 채택되게 되었다. 즉 H₂S 발생시기에 맞추어 바로 種培養을 한, H₂S를 특히 잘 이용하는 광합성세균을 접종하면 H₂S의 축적은 거의 이루어 지지 않는 것으로 나타난 것이다. 이것은 일종의 天敵利用방법이라고 할수 있다. 이러한 방법은 최근 하천, 양어장등의 수질오탁이나 석유정제공장의 폐수처리등에도 이용하여 일부 성과가 보이기 시작하고 있다.

또 다른 한편으로는, 수년간에 걸쳐 논에서 광합성세균을 중심으로 그 소장관계를 실험조사한 결과, 광합성세균은 벼의 생식생장기인 8월 중순부터, 出穗期인 9월 상순에 가장 번성, 증가하여 出穗後에 절감하다가 落水와 함께 급격히 감소되었다. 특히 다른 미생물군에 비하여 광합성세균의 증식만이 벼의 생식생장과 명백한 상관성이 있음이 인정됨으로써 追肥用肥料로 무기화학질소비료와 유기질인 광합성세균체 비료를 시용한 실험이 전개되게 되었으며 그 결과는 Table 6과 같았다.

Table 6. Effect of Distribution of Photosynthetic Bacteria on the Growth and Yield of Paddy

Treatment	6th, August		19th, September		No. of ears	No. of grains per ear	Weight of an ear(g)
	Paddy height(cm)	No. of stems	Paddy height (cm)	No. of stems			
Control (NH ₄ Cl)	64	25.6	103.0	28.0	28	66.8	1.54
<i>Chlorella</i>	65	28.0	101.0	27.0	23	71.6	1.75
Photosynthetic bacteria	63.6	26.3	102.0	23.3	23	87.9	2.04

벼의 생식생장에 실시된 실험결과인 Table 6에 의하면 광합성세균체중에는 벼이삭에 달리는 grain 수를 증가시키는 인자가 포함되어 있음을 알 수 있으며 또 실제로 식물의 생식생장기에는 그 영양생장기에 비해 uracil, cytosine 또

는 proline의 대사요구성이 현저히 상승한다는 사실로 인하여 광합성세균체는 식물의 유기질비료로서 또한 花芽形成-着果促進劑로서 비료의 실용화실험이 진전되고 있는 것이다.

특히 벼의 생식생장기에 특이하게 발생하는

m-RNA 나 s-RNA 를 발견하였고 또 RNA 의 구성요소가 되는 pyrimidine base 가 purine base 에 비하여 생식생장기에 더 증가하는 사실이 확인되었다. 이와 같은 사실과 광합성세균에 다량 포함되어 있는 ubiquinone 의 短日 hormone 작용등을 두고 생각할 때, 광합성세균과 버의 증산과의 상관성분체는 매우 흥미있는 과정의 하나라고 사료되는 것이다.

2) 有機汚水 處理에의 利用

자연계에서 일어나는 미생물에 의한 有機汚水 의 自淨作用을 벗길, 羊毛洗滌液, 오줌등의 재료로써 조사한 바(Fig.3 및 Table 7)에 의하면 최초에는 유기영양미생물이 왕성하게 생육하였다가 기질의 감소와 분해물질의 축적등 때문에 점점 쇠잔하여 지고, 이어 광합성세균이 번창하게 되며 2~4주후 광합성세균도 다시 그 생육력

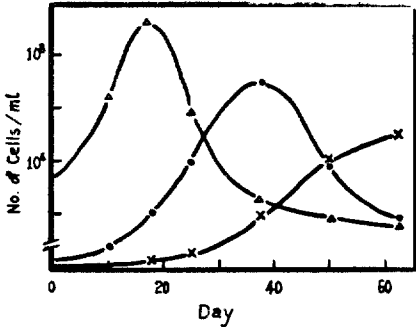


Fig. 3. Change of bacterial counts in water, incubated under natural condition, added with dry paddy and with soil suspension (5ml/l) of paddy field. △—organotrophs, ●—photosynthetic bacteria, ×—green algae.

Table 7. Change of BOD and Ammonia (ppm) in some Samples treated with Microorganisms

		During growth of organotrophs		After growth of photosynthetic bacteria	
		BOD	Ammonia	BOD	Ammonia
Water treated with dry paddy	BOD	> 10,000	200~500	10~50	
	Ammonia	800	100~300	2~7	
Waste water of wool	BOD	> 20,000	500~800	10~60	
	Ammonia	6,000	200~400	10~50	
Urine	BOD	> 20,000	200~500	10~50	
	Ammonia	> 10,000	100~500	10~50	

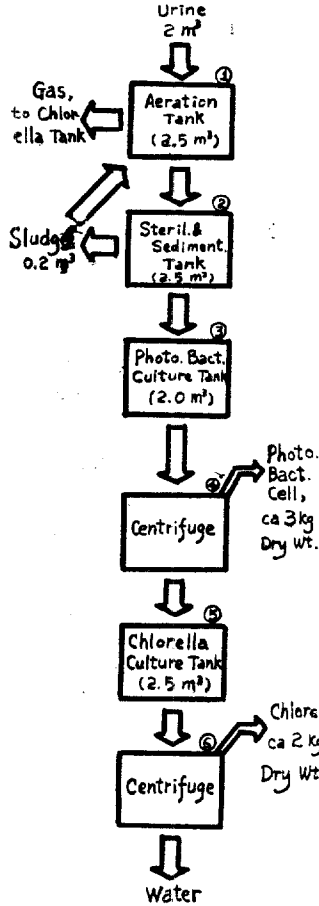


Fig. 4. Procedure of Test Plant clearing Wastewater by Microorganisms.

제1배양조에는 種배양 200l 를 첨가함 (이 조에서 발생하는 gas인 H₂는 연료로 사용할 수 있음).

④ 광합성세균의 집균.

⑤ 한번에 1日체류로서 20~25°C에서 CO₂를 포함한 공기로 통기 배양함. 이 경우도 위와 같이 400l만송 200l첨가를 함.

⑥ Chlorella를 원심분리한후 깨끗한 방류수를 얻음.

(Fig. 4의 과정 설명)

① 침몰제거후 공기를 대량투입시키면서 38°C전후로 교반함으로써 호기성균에 의한 유기산 아미노산 기타 저분자물질의 급속한 분해를 촉진시킴. 1日이내의 曝氣에 의하여 대개 유기산농도로 5,000 ppm 정도가 됨.

② 음파, 전자 range, 자외선燈, 60°C 이상으로의 가온등으로써 살균하고 방지하던 수시간내에 대형 입자는 침강함(상등액을 원심분리해도 좋음). 이때 pH 8.2가 되나 HCl 등으로 pH 7.0정도로 한 다음 광합성세균배양에 보냄이 양호함.

③ 한번에 1일체류하여 27~30°C에서 배양하며, 밀폐조명조에서는 극소량의 통기등으로써 약간의 교반을 실시함이 좋음. 제3랭크 배양후의 배양액 400l는 제1배양조로 반송한 제1

이 감소되면서 녹조류의 증가가 관찰되었다. 이때의 BOD 값과 ammonia의 양도 단계적으로 변화되어 수만 ppm에서 수십 ppm으로까지 감소되는 정화작용이 진행됨을 알 수 있었다.

미생물의 연속적 번동에 따르는 유기오수의 정화는 鷄糞, 豚糞, 活性汚泥, 魚肥 등에 의한 오수는 물론, 과자, 통조림, 전분, 된장, 간장 등을 만드는 식품공장의 폐수, 맥주, 술, 향생물질, 아미노산, 석유효모등을 생산하는 발효제품공장 폐수, 기타 석유, 화학약품 등의 공장폐액에서도 그 작용이 가능함이 확인되고 있다. 이리하여 河川이나 海水의 오염방지를 위하여 위와 같은 방법을 이용한 폐수처리공장의 건설이 시도되고 있는데 日本의 桐生市에서는 test plant를 설치 3년간 실험하고 이를 개량하여 pilot plant를 약 1억원 들여 만들었다. 이 model plant에서 이곳 시민 약 2만명의 urine을 처리하고 있는데 좀 더 시설을 개량한다면, 현재 각처에서 가동되고 있는 活性汚泥式

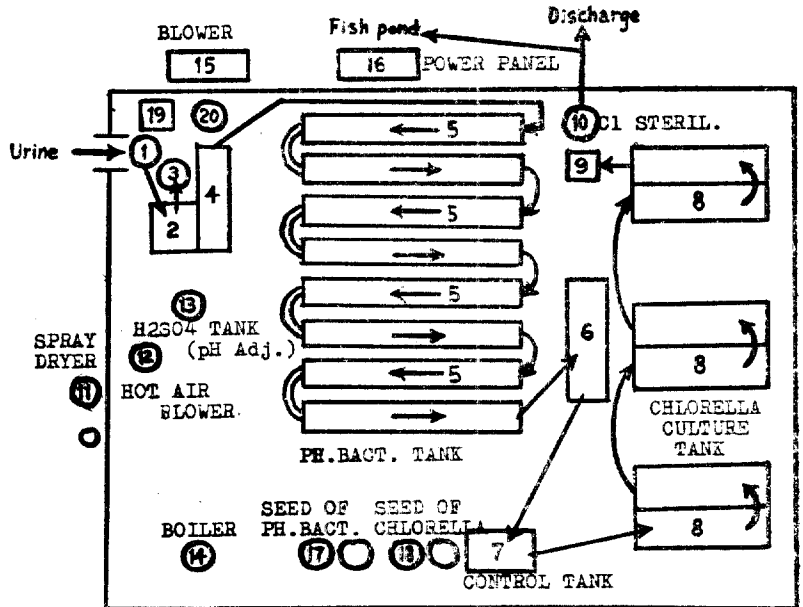


Fig. 5. Scheme of model water plant in Tousei city.

- ① Separator
- ② Controlling tank
- ③ Self-sector
- ④ Aerating & sterilizing tank
- ⑤ Separator
- ⑥ Sludge tank
- ⑦ Basket isolator

보다 약 3배의 능률을 올릴수 있는 매우 바람직한 폐수처리 방법으로 대두되어 있는 것이다. 이제 광합성세균을 이용한 폐수처리 test plant의 개략적인 공정 (Fig. 4)과 처리성적예 (Table 8), 및 桐生方式 model plant의 시설배치도 (Fig.

Table 8. An average Record of cleaning Process with Urine in a Test Plant, carried out from September 3rd through October 1st

Item	Urine tank	Aeration tank	Sterilizing & Settling tank	Photosynthetic bacteria culture tank #1	Photo-bact. culture tank #3	Chlorella culture tank #1	Chlorella culture tank #3	Discharging water
Water temp.(C°)	15	38	28	27	28	24	24	18
pH	8.7	8.4	8.2	7.5	8.5	6.8	7.2	7.2
Time (hr)	—	24	12	72	72	72	72	—
COD (ppm)	3,824	1,570	1,410	760	231	134	15	10
BOD (ppm)	9,740	2,325	2,032	1,225	297	203	15	15
Ammonia-N (ppm)	4,126	1,718	1,326	853	352	182	35	31
Albumin-N (ppm)	783	568	436	214	83	46	12	7
Organic acid (ppm)	2,620	6,215	6,852	3,726	312	152	28	20
Cl ion (ppm)	5,230	4,257	4,027	2,180	473	238	105	75
Cells Collected (g/l)	—	—	—	0.5	7.3	0.5	4.8	—

5)를 참고로 소개하였다.

3) 광합성세균체의 이용

① 세포벽

운동성이 있는 光合성세균은 편모를 1개 내지 여러개 가지고 있는데 이 편모에는 甲殼質이 포함되어 있으나, 세포벽과 세포막은 *Chlorella* 기타 藻類와는 달리 대단한 탄력성을 가진 연한것임이 확인되었다.

② 일반적인 세포성분

광합성세균체는 대체로 단백질함량이 높아 *Rhodospseudomonas capsulatus*의 경우는 콩의 단백질함량의 50%정도나 더 많음을 Table 9에서 볼 수 있다.

Table 9. Some Components and Content(%) of a Photosynthetic Bacterial (*Rhodospseudomonas capsulatus*) Cells and of other Materials

Material	Macroprotein	Macro lipid	Soluble carbohydrates	Macrofiber	Ash
Photosynthetic bacteria	57.95	7.91	20.83	2.92	4.40
<i>Chlorella</i>	53.76	6.31	19.28	10.33	1.52
Rice	7.48	0.94	90.60	0.35	0.72
Soy-bean	38.99	19.33	30.93	5.11	5.68

③ Amino 산

각 종 amino 산의 함량이 균등하게 조성되어 있는 광합성세균은 양질의 자원이라 하겠다. 특히 *Chlorella* 나 효모에는 적은 methionine이 많다는 것이 특징이다(Table 10).

Table 10. Content of Amino Acids in Photosynthetic Bacteria, *Chlorella* and Yeasts (g/100g dry weight)

Amino acid	Photosynthetic bacteria	<i>Chlorella</i>	Yeast
Lysine	2.86	2.71	3.76
Histidine	1.25	1.06	0.90
Arginine	3.34	3.24	2.50
Aspartic acid	4.56	4.74	3.11
Threonine	2.70	2.28	2.65
Serine	1.68	2.12	2.75

Glutamic acid	5.34	4.62	6.21
Proline	2.80	2.12	1.77
Glycine	2.41	2.28	2.18
Alanine	4.65	2.98	2.86
Valine	3.51	3.02	3.20
Methionine	1.58	0.27	0.51
Isoleucine	2.64	2.44	2.63
Leucine	4.50	4.46	3.54
Tyrosine	1.71	0.96	1.30
Phenylalanine	2.60	2.65	2.20
Tryptophan	1.09	0.64	0.66
NH ₃	4.01	2.58	5.30

④ 색소성분

광합성세균의 색소류는 세포의 약 18.0%정도 포함되어 있으며 Fig. 1 및 2의 색소들이다. 특히 lycopene은 도마도의 홍색색소와 완전히 같은 것으로서 광합성세균에 다량으로 포함되어 있다는 사실은 주목할 가치가 있는 것이다.

⑤ Vitamin

광합성세균이 분비하는 각 vitamin의 함량은 Table 11에 보이는 바와 같이, 효모의 그것과 함께 비교하여 나타내었다.

Vitamin B₁₂가 특히 많은데 광합성세균의 生育量이 최대가 되어 정상기에 이르면 균체에서의 B₁₂ 분비가 많아진다(Fig. 6). 이러한 것은 광합성세균의 증식후 (Fig. 6)에 생육되는 海藻類에 매우 좋을 것으로 인정되므로 해조양식에 이용할 수 있겠다. 이 외에도 ubiquinone과 ATP의 함유율이 높기에 이의 추출, 이용도 시도 되고 있다.

Table 11. Content of Vitamins in Photosynthetic Bacteria (*R. capsulatus*) and Yeast Cells

Vitamin	Photosynthetic bacteria(γ/100g)	Yeast(γ/100g)
B ₂	3,600	2,900
B ₆	3,000	2,400
Folic acid group	2,000	1,700
B ₁₂	200	1
C	20,000	—
D	10,000 IU	300,000 IU

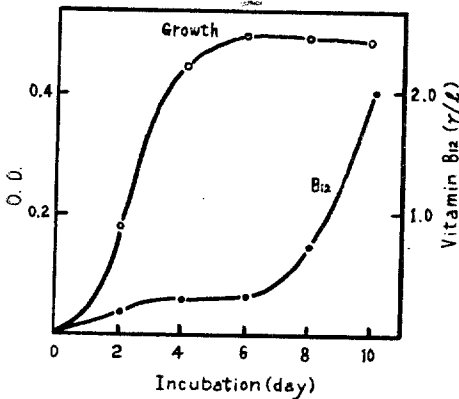


Fig. 6. Growth and yield of vitamin B₁₂ of photosynthetic bacteria.

⑥ 水産餌料

光合成세균의 생육이 자연계에서 증대된 뒤를 이어 동물성플랑크톤이 급격히 발생됨이 관찰되어, ¹⁴C으로 표지한 광합성세균을 쓰는 등, 광합성세균과 동물성 플랑크톤과의 상관성을 상세히 실험한 결과, 동물성플랑크톤의 발생증가는 이들이 광합성세균체를 그 먹이로 직접 포식 이용함에 기인한다는 사실이 확인되었으며 이 세균의 첨가가 녹조등에 비하여 증식력을 대단히 증가시킴도 알려졌다. 새우의 증식과 활성탄의 체집등, 어패류의 초기餌料로서 이 광합성세균이 대단히 필요하다는 사실이 또한 관명됨으로써 어종의 완전한 인공양식이 가능한 것으로 보인다.

잉어, 金魚, 赤貝등 어류의 부란직후의 새끼도 광합성세균을 직접 포식함으로써 광합성세균체를 첨가하는 방법은 종래의 사육방법에 비하여 부란직후의 체중증가가 2배이상 빠르게될 뿐만 아니라 어종에 따라서는 거의 죽지도 않는등 그 생산율도 배이상 된다고 한다.

또 뱀장어양어장에서는 겨울에는 그 수질이 악화되어 이상사망이 흔히 나타나는데 이때 vermiculite에 흡착시킨 광합성세균의 생균체를 투입해 주면 저토에 축적해 있는 유독물질이 제거되어 뱀장어의 전멸을 방지할 수 있다.

⑦ 축산 사료

Vitamin, amino 산등 광합성세균체에는 어

러가지 유효물질이 많이 함유되어 있어 이를 산란계용 사료에 단분의 일정도로 약간 혼합해 줌으로써 산란율을 2배 증가시켰다는 사실이 확인되었다.

IV. 결 언

광합성세균에 대한 일반적인 사항과 이의 응용에 관한 최근의 동향을 일별하였다. 이 세균의 응용 연구로서, 산업이 급속도로 발달함으로 매우 다양화해 가는 현대생활인에게 위협적인 존재로 대두되고 있는 공해문제中 수질오염의 방지책보다 효율적으로 획득할 수 있게 되어야겠으며 부산물로 이용할 수 있는 광합성세균체에 대하여도 보다 많은 연구가 진전되었으면 한다. 특히 인구증가율에 미치지 못하고 있는 우리나라의 식량증산문제의 해결에도 기대와 관심이 경주되어야 하겠다. 발효미생물과는 성질이 다르며 아직적기 초연구가 진행중에 있는 광합성세균이기에 연구에 더욱 진력하도록 함이 요구된다고 보아진다.

引用文獻

1. 野崎 光洋. 1965. 細菌의電子傳達系と光合成. 蛋白質 核酸 酵素 10 : 1441—1448.
2. 小林 達治. 1970. 光合成細菌による廢液處理と資源化. 化學と生物 6 : 804—613.
3. 柴田 和雄. 1965. 生體中における光合成色素. 蛋白質 核酸 酵素 10 : 1377—1385.
4. Doelle, H.W. 1969. Photosynthesis and photo-metabolism. In *Bacterial Metabolism*, p.46—88, Academic Press, N.Y.
5. Pfennig, N. 1969. *Rhodospirillum tenue* sp. n., a new species of the purple nonsulfur bacteria* *J. Bacteriol.* 99: 619—620.
6. Pfennig, N. 1969. *Rhodopseudomonas acidophila*, sp. n., a new species of the budding purple nonsulfur bacteria. *J. Bacteriol.* 99: 597—602.
7. 菊地 吾郎. 1965. 細菌의 光合成. 蛋白質 核酸 酵素 10 : 1458—1466.