HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	海藻の窒素同化機構に関する研究－Ⅴ：硝酸還元酵素の水素供与体に就て
Author(s)	高木, 光造; TAKAGI, Mitsuzo; 村田, 喜一 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 5(2), 176-182
Issue Date	1954-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22864
Type	departmental bulletin paper
File Information	5(2)_P176-182.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

海藻の窒素同化機構に関する研究 — V

硝酸還元酵素の水素供与体に就て*

高木光造・村田喜一
(北海道大学水産学部水産食品化学教室)

Studies on the Mechanism of Nitrogen Assimilation in Marine Algae -V

On the hydrogen donator of nitrate reductase

Mitsuzo TAKAGI and Kiichi MURATA

Abstract

To ascertain whether organic matter is used or not as hydrogen donator of nitrate reductase in nitrate assimilation of marine algae, 11 kinds of organic acids, 3 kinds of lower fatty acids, 19 kinds of amino acids, 6 kinds of sugar and one kind of sugar alcohol were employed on five species of marine algae. The results obtained are summarized in Table 1.

1. In ***Enteromorpha Linza***, malonic acid, succinic acid, fumaric acid, glycolic acid, lactic acid, malic acid, glycine, alanine, valine, leucine, serine, glutamic acid, arginine, cystine, tryptophane, histidine, creatine, betaine and taurine played a rôle as the hydrogen donators. However, formic acid, acetic acid, *n*-butyric acid, proline and xylose were very slightly used as the hydrogen donators. Oxalic acid, maleic acid, tartaric acid, citric acid, pyruvic acid, phenylalanine, tyrosine, aspartic acid, lysine, methionine, arabinose, rhamnose, glucose, mannose, galactose and mannit did not perfectly act as hydrogen donators.

2. In ***Ulva pertusa***, malonic acid, succinic acid, fumaric acid, glycolic acid, lactic acid, malic acid, glycine, alanine, valine, leucine, aspartic acid, glutamic acid, arginine, tryptophane, histidine, creatine, betaine and taurine acted as hydrogen donators, while citric acid, formic acid, acetic acid, *n*-butyric acid, phenylalanine, tyrosine, serine, proline, arabinose and xylose were very slightly used. Oxalic acid, maleic acid, tartaric acid, pyruvic acid, lysine, methionine, rhamnose, glucose, mannose, galactose and mannit did not exhibit perfectly the function of the hydrogen donators.

3. In ***Undaria pinnatifida*** f. ***distans***, malonic acid, succinic acid, fumaric acid, glycolic acid, lactic acid, malic acid, glycine, alanine, valine, leucine, phenylalanine, tyrosine, serine, aspartic acid, glutamic acid, lysine, arginine, cystine, methionine, proline, tryptophane, histidine, creatine, betaine, taurine, arabinose, xylose, rhamnose, glucose, mannose, galactose and mannit were able to function as hydrogen donators, while maleic acid, citric acid and formic acid were very slightly used as the hydrogen donators. Oxalic acid, tartaric acid, pyruvic acid, acetic acid and *n*-butyric acid were not perfectly used.

4. In ***Porphyra yezoensis***, malonic acid, succinic acid, maleic acid, fumaric acid, glycolic acid, lactic acid, malic acid, citric acid, formic acid, acetic acid, *n*-butyric acid, glycine, alanine, valine, leucine, phenylalanine, tyrosine, serine, aspartic acid, glutamic acid, lysine, arginine, cystine,

*昭和33年4月日本水産学会年会(東京)に於て講演

methionine, proline, tryptophane, histidine, creatine, betaine, taurine, arabinose, xylose, rhamnose, glucose, mannose, galactose and mannit were able to serve as the hydrogen donators, but oxalic acid, tartaric acid and pyruvic acid did not do so perfectly.

5. In *Iridophycus laminarioides*, malonic acid, succinic acid, maleic acid, fumaric acid, glycolic acid, lactic acid, malic acid, citric acid, formic acid, acetic acid, *n*-butyric acid, glycine, alanine, valine, leucine, phenylalanine, tyrosine, serine, glutamic acid, lysine, arginine, cystine, methionine, proline, tryptophane, histidine, arabinose, xylose, rhamnose, glucose, mannose, galactose and mannit functioned as the hydrogen donators. However, creatine, betaine and taurine were very slightly used. Oxalic acid, tartaric acid, pyruvic acid and aspartic acid did not serve perfectly.

高等植物に含まれている多種類の脂肪属及び芳香族の有機酸の中その分布が広く簡単に植物酸として知られているものはリンゴ酸，クエン酸，コハク酸，酒石酸及び蓚酸である。又これら程よく知られていないが，おそらく同じように広く分布しているものと思われるものにイソクエン酸，フマール酸，シスアコニツト酸，オキザロ醋酸及びα—ケトグルタール酸がある。

而してこれら有機酸の植物体内における生理的役割に関しては比較的最近まで全く不明であつたが，1927年に至り Kostytschev[1] は Ruhland その他[2] を支持し，有機酸はアミノ酸代謝の分解生産物であるとの結論に達した。然し今日では更に Krebs 及び Johnson[3] の研究によつて，これら植物酸は植物及び動物体における細胞呼吸の中心的役割を演じているものであることが解り，しかもこれら有機酸の生体内における生成径路については有名な Krebs の cycle によつて実験的にも証明された。

又更に H. Clark,[4] J. Bonner[5], C. H. Wadleigh[6] 及び H. B. Vickery[7] 等によつて植物酸は特に硝酸塩の吸収還元の際におけるイオンの平衡を維持するのに著しい作用を有し，残つたカチオンに釣合うように有機酸アニオンが生産されることが明らかにされた。即ちアンモニアの形で窒素を供給される植物は硝酸態窒素で生育した同じ植物よりも著しく酸濃度が低い。従つて硝酸窒素の供給はおそらく硝酸アニオンが還元された後細胞に残留する無機カチオンの集積に基づいて活潑に有機酸合成を促進するものと考えられる。

海藻にも亦これらの有機酸が体内に存在し，高等植物における如く或いは細胞呼吸の中心的役割を果し，或いは硝酸塩の吸収還元におけるイオンの平衡に与つていると思われるが，その存在及びかゝる生理的役割を支持する根拠はひとつもえられていない。

著者は前報[8] で海藻の窒素同化機構を究明するために先づ硝酸還元酵素について酵素作用力測定法を確立し，それに従つてえた各種海藻の酵素作用力を紹介し，更に数種の海藻について硝酸還元酵素作用力の最適 pH と最適温度を測定して還境要因との関連性を論究したが，こゝでは11種の有機酸，3種の低級脂肪酸，19種のアミノ酸，6種の糖及び1種の糖アルコールについてこれらが乳酸ソーダと同じように硝酸還元酵素の水素供与体として硝酸塩の還元に与るか否かを検討し，興味ある結果をえたので報告して参考に供する。

実　驗　方　法

(1)　硝酸還元酵素液の調製

新鮮なる試料50gをとり，蒸溜水40cc，石英砂5gを加え，乳鉢にてよく擂砕した後綿布にて圧搾してえた汁液を遠心分離して沈澱を除き，上澄液に水を加えて50ccとした。かくするときは通常の酵素液に対し2倍の酵素力を有する。

(2)　硝酸還元酵素の水素供与体実験法

Thunberg Tube	Composition of Exp. Solution	
Main Chamber	pH 7.17 M/15 Sørensen's Phosphate Buffer Solution	5 cc
	Enzyme Solution	2
	Water	1

Side Chamber ┬ 0.011M KNO_3 Solution 1
└ 0.2M Hydrogen Donator Solution (various) 1

Tatal 10cc

水素供与体として乳酸ソーダの代りに種々の有機酸，脂肪酸，アミノ酸，糖及び糖アルコールの0.2M溶液を用いた。これは実験に供する有機酸，脂肪酸のソーダ塩が全てえられないために0.52M溶液を用いるとpHが著しく酸性側に移行するから0.2M溶液を用いることにした。

上述の内容液を20°C，10mm以下の真空度で1時間反応させたのち，20% Trichloracetic acid 0.5cc，活性白土1gを加え，はげしく振盪し，遠心分離してえられる上澄液を分取し，Griess—Ilosvay 試薬 2ccを加え，40°C,15分間加温して生ずる桃色の色調の度合により亜硝酸イオンの有無を定性的に比較検討した。

実　験　結　果

実験に用いた試料は緑藻ウスバアオノリ (*Enteromorpha Linza*)，アナアオサ (*Ulva pertusa*)，褐藻ナンブワカメ (*Undaria pinnatifida* f. *distans*)，紅藻スサビノリ (*Porphyra yezoensis*)，クロバギンナンソウ (*Iridophycus laminarioides*) の5種で，Table 1 はその実験結果を示したものである。尚表中の亜硝酸イオンの生成量については各々最適濃度の水素供与体を用いたわけではないので，厳密な意味での比較にならないが一応その多寡を比較して参考に供した。

Table 1 により明らかな如く有機酸の中マロン酸，コハク酸，フマール酸，グリコール酸，乳酸，リンゴ酸は緑藻ウスバアオノリ，アナアオサ，褐藻ナンブワカメ，紅藻スサビノリ，クロバギンナンソウいずれにおいても硝酸還元酵素の水素供与体となりえ，且ナンブワカメ，スサビノリにおいて乳酸及びリンゴ酸は亜硝酸イオンの生成量が顕著であつた。而してマレイン酸，クエン酸はスサビノリ，クロバギンナンソウにおいて明らかに亜硝酸イオンの生成が認められ，硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，ナンブワカメにおいて明らかには認められず，ウスバアオノリ，アナアオサにおいては全く認められなかつた（但しクエン酸はアナアオサにおいて痕跡的に亜硝酸イオンの生成が認められた)。

又低級脂肪酸である蟻酸，醋酸，正酪酸はスサビノリ，クロバギンナンソウにおいて明らかに硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，ウスバアオノリ，アナアオサにおいて亜硝酸イオンの生成は明らかには認められず，醋酸，正酪酸はナンブワカメにおいては全く認められず硝酸還元酵素の水素供与体とはなりえなかつた。而して蓚酸，酒石酸及び焦性ブドウ酸はこれら海藻のいずれにおいても硝酸還元酵素の水素供与体とはなりえないことを認めた。

一方アミノ酸の中グリシン，アラニン，バリン，ロイシン，セリン，グルタミン酸，アルギニン，シスチン，トリプトファン，ヒスチヂンはこれら海藻のいずれにおいても硝酸還元酵素の水素供与体となりえた。而してフェニールアラニン，チロシンはナンブワカメ，スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて明らかに亜硝酸イオンの生成が認められ硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，アナアオサにおいて明らかには認められず，ウスバアオノリにおいては全く認められなかつた。リジンについても同様でナンブワカメ，スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて顕著に亜硝酸イオンの生成が認められたが，ウスバアオノリ，アナアオサにおいては全く認められず，硝酸還元酵素の水素供与体とはなりえなかつた。而してアスパラギン酸はアナアオサ，ナンブワカメ，スサビノリにおいて亜硝酸イオンの生成が認められたが，ウスバアオノリ，クロバギンナンソウにおいては全く認められず，又プロリン，メチオニンはナンブワカメ，スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて亜硝酸イオンの生成が明らかに認められ硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，ウスバアオノリ，アナアオサにおいてプロリンは明らかには認められず，メチオニンは全く認められなかつた。又クレアチン，ベタイン，タウリンはウスバアオノリ，アナアオサ，ナンブワカメ，スサビノリいずれにおいても亜硝酸イオンの生成が認められたが，クロバギンナンソウにおいて明らかには認められなかつた。

又アラビノース，キシロースはナンブワカメ，スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて亜硝酸イオンの生成が明らかに認められ硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，アナアオサにおいて明らかには認められ

Table 1. Various organic matters used (+), very slightly used (±), or not (−) as hydrogen donator of nitrate reductase in five species of marine algae

No.	Species / Hydrogen donators	ウスバアオノリ *Enteromorpha Linza*	アナアオサ *Ulva pertusa*	ナンブワカメ *Undaria pinnatifida* f. *distans*	スサビノリ *Porphyra yezoensis*	クロバギンナンソウ *Iridophycus laminarioides*
1	Oxalic acid	−	−	−	−	−
2	Malonic acid	+	+	+	+	+
3	Saccinic acid	+	+	+	+	+
4	Maleic acid	−	−	±	+	+
5	Fumaric acid	+	+	+	+	+
6	Glycolic acid	+	+	+	+	+
7	Lactic acid	+	+	++	++	+
8	Malic acid	+	+	++	++	+
9	Tartaric acid	−	−	−	−	−
10	Citric acid	−	±	±	+	+
11	Pyruvic acid	−	−	−	−	−
12	Formic acid	±	±	±	+	+
13	Acetic acid	±	±	−	+	+
14	*n*−Butyric acid	±	±	−	+	+
15	Glycine	+	++	+	++	++
16	DL−Alanine	+	++	+	++	++
17	DL−Valine	+	+	+	++	+
18	L−Leucine	+	+	+	+	++
19	DL−Phenylalanine	−	±	+	+	+
20	L−Tyrosine	−	±	++	+	+
21	L−Serine	+	±	+	+	+
22	L−Aspartic acid	−	+	+	+	−
23	L−Glutamic acid	++	+	++	+	+
24	D−Lysine	−	−	++	++	++
25	D−Arginine	++	+	++	++	+
26	L−Cystine	+	+	+	+	+
27	DL−Methionine	−	−	+	+	+
28	L−*α*−Proline	±	±	+	+	+
29	L−Tryptophane	++	++	++	+	+
30	L−Histidine	+	++	++	++	+
31	Creatine	+	+	++	+	±
32	Betaine	+	+	+	+	±
33	Taurine	+	+	+	+	±
34	L(+)−Arabinose	−	±	+	+	+
35	D−Xylose	±	±	+	+	+
36	L(+)−Rhamnose	−	−	+	+	+
37	Glucose	−	−	+	+	+
38	Mannose	−	−	+	+	+
39	Galactose	−	−	+	+	+
40	Mannit	−	−	+	+	+

ず，ウスバアオノリにおいては全く認められなかつた（但しキシロースはウスバアオノリにおいて亜硝酸イオンの生成が痕跡的に認められた）。而してラムノース，グルコース，マンノース，ガラクトース，マンニットはナンブワカメ，スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて亜硝酸イオンの生成が明らかに認められ硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，ウスバアオノリ，アナアオサにおいては全く認められず硝酸還元酵素の水素供与体とはなりえなかつた。

考　　察

D. M. Eny[9]は暗中で緑藻 ***Chlorella*** の生長に対するコハク酸，フマール酸，乳酸，リンゴ酸，クエン酸，焦性ブドウ酸，シスアコニット酸，醋酸，プロピオン酸及び酪酸の効果を実験したが，これらの有機酸及び脂肪酸は全てグルコースが供給されたときの生長に比し緩漫ではあつたが効果のあることを認め，しかもこれら有機酸の中で焦性ブドウ酸が最も効果的でプロピオン酸はその効果が最小であつたと報告している。故に著者の実験において最も効果的である筈の焦性ブドウ酸がいずれの海藻においても硝酸還元酵素の水素供与体となりえなかつたことは意外であるが，これは焦性ブドウ酸が乳酸の脱水素された構造を有することから寧ろ当然で恐らく生体内においては別の生理的役割を果すものであろうと思われる。又同様の事実は蓚酸及び酒石酸においても認められたが，これらの有機酸は Krebs cycle を構成する酸ではないので細胞呼吸に与る植物酸としてはその生理的意義もうすく，その存在もある限られた植物の限られた器官に存在するものではなかろうか。而してフマール酸の異性体であるマレイン酸の存在は従来植物体には認められないが，ウスバアオノリ，アナアオサにおいても硝酸還元酵素の水素供与体となりえなかつたのでその事実を暗示しているが，スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて明らかに亜硝酸イオンの生成が認められ硝酸還元酵素の水素供給与体となりえたことは興味ある事実である。尚クエン酸はウスバアオノリにおいて硝酸還元酵素の水素供与体となりえなかつたがこれは例外的事実と解すべきであろう。

又片山[10]はアナアオサの揮発成分中に醋酸，プロピオン酸及び少量の正酪酸の存在を確認したが，著者の実験においても低級脂肪酸の中蟻酸，醋酸及び正酪酸はスサビノリ，クロバギンナンソウにおいて明らかに硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，ウスバアオノリ，アナアオサにおいて明確には認められなかつたのは硝酸還元酵素の作用力が弱かつたためと思われる。

V. S. Govindarajan & M. Sreenivasaya[11] は ***Tamarindus indica*** の葉の中にリンゴ酸及び酒石酸の存在を，***Oxalis corniculata*** の葉から酒石酸及びクエン酸の存在を明らかにした。又 R. E. Stutz[12] は ***Bryophyllum calycinum***, Tobacco, Tomato 及び Barley を種々の光の条件下で $C^{14}O_2$ の固定を行い，光合成の初期においてリンゴ酸の生成を認め，リンゴ酸に固定された C^{14} が時間の経過と共に蓚酸，コハク酸，グリコール酸，クエン酸，イソクエン酸に均等に移行することを認めている。著者の実験結果よりマロン酸，コハク酸，フマール酸，グリコール酸，乳酸，リンゴ酸，クエン酸はこれら海藻のいずれにおいても硝酸還元酵素の水素供与体となりえたので，海藻におけるこれら有機酸の存在も容易に推定されるのであるが，その存在については今後更に究明したいと考えている。尚海藻中には広くクエン酸の存在することが既に知られている。

又アミノ酸の中グリシン，アラニン，バリン，ロイシン，セリン，グルタミン酸，アルギニン，シスチン，プロリン，トリプトファン，ヒスチヂンはこれら海藻のいずれにおいても硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，これらのアミノ酸は海藻蛋白の成分として存在するばかりでなく遊離の形態においても広く海藻中に存在することは著者の実験においても認めたところであつて，グリシン，アラニン，グルタミン酸，アルギニン，トリプトファン，ヒスチヂン等を水素供与体として用いたときに亜硝酸イオンの生成が特に顕著であつたが，これらアミノ酸の海藻中におけを含量も亦比較的多いので実際にも吸収される硝酸塩の同化に関与しているものと思われる。

又興味ある事実として注目されるのはフェニールアラニン及びチロシンが褐藻ナンブワカメ及び紅藻スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて明らかに亜硝酸イオンの生成が認められ硝酸還元酵素の水素供与体

となりえたが，緑藻ウスバアオノリにおいては全く認められず，アナアオサにおいてもその生成は痕跡的で緑藻における硝酸還元酵素の水素供与体になりうるとは認め難い事実である。これは A. Mazur & H. T. Clarke[13] が指摘している如く緑藻にはチロシンを全く含まない事実（但しフェニールアラニンは緑葉においても含む）を暗示するものか，或いは著者[14]の実験結果の如く緑藻中には褐藻，紅藻に比してチロシン含量が著しく少ないためによるものか判定しえないが，海藻中におけるこれらアミノ酸の生成機構を更に究明することによつてこの点を明らかにしたいと考えている。同様のことはリジンについても言えるが，緑藻におけるリジンの存在については同氏等[13]が同じく否定し，又著者[15]の実験においてもその存在を認めえなかつたのでこの実験結果はその事実を裏書きするものと思われる。又メチオニンについてもウスバアオノリ，アナアオサにおいては亜硝酸イオンの生成が全く認められず，ナンブワカメ，スサビノリ及びクロバギンナンソウにおいては辛じてその生成が認められる程度であつたので，海藻中におけるメチオニンの存在は極めて疑わしいと思われる。尚アスパラギン酸はウスバアオノリ及びクロバギンナンソウにおいて亜硝酸イオンの生成が認められなかつたが，これは硝酸還元酵素の作用力が弱かつたゝめと思われる。

F. J. Taylor[16] は緑藻 *Scenedesmus quadricauda* によつてグルコースが吸収され，aeration によつてその吸収速度を増すことを証明し，又 A. C. Neish[17] は ***Chlorella vulgaris*** に種々の糖を加えて生長に利用されるか否かを検し，グルコースが最も良好でマンノース，ガラクトース，ペントース，糖アルコール及び多糖類をも僅かに利用し，しかも糖を用いたときは窒素源としてアンモニアよりも硝酸塩をよく吸収同化する事実を述べている。更に J. L. Mendel[18] 等も暗中でトマトの葉における糖の減少は硝酸イオンの還元を減少せしめる事実を証し，糖が硝酸塩の還元に関与する事実を述べている。著者の実験においてもこれらの糖及び糖アルコールがナンブワカメ，スサビノリ，クロバギンナンソウにおいて明らかに硝酸還元酵素の水素供与体となりうることを認めたので，これらの糖及び糖アルコールが吸収される硝酸塩の同化に関与しているものと思われる。然し緑藻ウスバアオノリにおいてキシロース，アナアオサにおいてアラビノース，キシロースを水素供与体として用いたときにのみ亜硝酸イオンの生成が痕跡的に認められた他はいずれも硝酸還元酵素の水素供与体とはなりえなかつたが，これはこれらの藻類の硝酸還元酵素作用力が弱かつたことによるか，或いはラムノース，グルコース，マンノース，ガラクトース，マンニツトが緑藻における硝酸塩の同化に全く関与しないことによるかのいずれであるがこの点に関しては更に究明したいと考えている。

要　　約

緑藻ウスバアオノリ，アナアオサ，褐藻ナンブワカメ，紅藻スサビノリ，クロバギンナンソウについて11種の有機酸，3種の低級脂肪酸，19種のアミノ酸，6種の糖及び1種の糖アルコールが硝酸還元酵素の水素供与体になりうるか否かを実験した。その結果

1. ウスバアオノリにおいてはマロン酸，コハク酸，フマール酸，グリコール酸，乳酸，リンゴ酸，グリシン，アラニン，バリン，ロイシン，セリン，グルタミン酸，アルギニン，シスチン，トリプトファン，ヒスチヂン，クレアチン，ベタイン，タウリンは明らかに硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，蟻酸，醋酸，正酪酸，プロリン，キシロースは明らかには認められず，蓚酸，マレイン酸，酒石酸，クエン酸，焦性ブドウ酸，フェニールアラニン，チロシン，アスパラギン酸，リジン，メチオニン，アラビノース，ラムノース，グルコース，マンノース，ガラクトース，マンニツトは硝酸還元酵素の水素供与体とは全くなりえなかつた。

2. アナアオサにおいてはマロン酸，コハク酸，フマール酸，グリコール酸，乳酸，リンゴ酸，グリシン，アラニン，バリン，ロイシン，アスパラギン酸，グルタミン酸，アルギニン，トリプトファン，ヒスチヂン，クレアチン，ベタイン，タウリンは明らかに硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，クエン酸，蟻酸，醋酸，正酪酸，フェニールアラニン，チロシン，セリン，プロリン，アラビノース，キシロースは明らかには認められず，蓚酸，マレイン酸，酒石酸，焦性ブドウ酸，リジン，メチオニン，ラムノース，グルコース，マンノース，ガラクトース，マンニツトは硝酸還元酵素の水素供与体とは全くなりえなかつた。

3. ナンブワカメにおいてはマロン酸，コハク酸，フマール酸，グリコール酸，乳酸，リンゴ酸，グリシン，アラニン，バリン，ロイシン，フェニールアラニン，チロシン，セリン，アスパラギン酸，グルタミン酸，リジン，アルギニン，シスチン，メチオニン，プロリン，トリプトファン，ヒスチヂン，クレアチン，ベタイン，タウリン，アラビノース，キシロース，ラムノース，グルコース，マンノース，ガラクトース，マンニットは明らかに硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，マレイン酸，クエン酸，蟻酸は明らかには認められず，蓚酸，酒石酸，焦性ブドウ酸，醋酸，正酪酸は硝酸還元酵素の水素供与体とは全くなりえなかつた。

4. スサビノリにおいてはマロン酸，コハク酸，マレイン酸，フマール酸，グリコール酸，乳酸，リンゴ酸，クエン酸，蟻酸，醋酸，正酪酸，グリシン，アラニン，バリン，ロイシン，フェニールアラニン，チロシン，セリン，アスパラギン酸，グルタミン酸，リジン，アルギニン，シスチン，メチオニン，プロリン，トリプトファン，ヒスチヂン，クレアチン，ベタイン，タウリン，アラビノース，キシロース，ラムノース，グルコース，マンノース，ガラクトース，マンニットは明らかに硝酸還元酵素の水素供与体とはなりえたが，蓚酸，酒石酸，焦性ブドウ酸は硝酸還元酵素の水素供与体とは全くなりえなかつた。

5. クロバギンナンソウにおいてはマロン酸，コハク酸，マレイン酸，フマール酸，グリコール酸，乳酸，リンゴ酸，クエン酸，蟻酸，醋酸，正酪酸，グリシン，アラニン，バリン，ロイシン，フェニールアラニン，チロシン，セリン，グルタミン酸，リジン，アルギニン，シスチン，メチオニン，プロリン，トリプトファン，ヒスチヂン，アラビノース，キシロース，ラムノース，グルコース，マンノース，ガラクトース，マンニットは明らかに硝酸還元酵素の水素供与体となりえたが，クレアチン，ベタイン，タウリンは明らかには認められず，蓚酸，酒石酸，焦性ブドウ酸，アスパラギン酸は硝酸還元酵素の水素供与体とは全くなりえなかつた。

文　　献

1) Kostytschev, S. (1927). *Plant respiration.* Blakiston.
2) Ruhland, W. & Wolf, J. (1934). *Ann. Rev. Biochem.* **3**, 501.
——— & Wetzel, K. (1927). *Planta* **3**, 765.
——— & ——— (1929). *Ibid.* **5**, 503.
3) Krebs, H. A. & Johnson, W. A. (1937). *Enzymologia* **4**, 148.
4) Clark, H. (1936). *Plant Physiol.* **11**, 5.
5) Bonner, J. (1944). *Botan. Gaz.* **105**, 352.
6) Wadleigh, C. H. & Shive, J. W. (1939). *Am. J. Botany* **26**, 244.
7) Vickery, H. B., Pucher, G. W., Wakeman, A. J. & Leavenworth, C. S. (1940). *Conn. Agr. Expt. Sta. Bull.* 442.
8) 高木光造・村田喜一 (1954). 北大水産彙報 **4**, 296 ; **4**, 306 ; **4**, 310 ; **5**, 173.
9) Eny, D. M. (1950). *Plant Physiology* **25**, 478.
10) 片山輝久 (1953). 日水誌 **19**, 793.
11) Govindarajan, V. S. & Sreenivasaya, M. (1951). *Current Sci.* (India) **20**, 43.
12) Stutz, R. E. (1950). *Brookhaven Conference Rept.* **70** (C-13), 77.
13) Mazur, A. & Clarke, H. T. (1938). *J. Biol. Chem.* **123**, 729.
14) 高木光造 (1953). 北大水産彙報 **4**, 86.
15) ——— (1954). 同誌 **5**, 167.
16) Taylor, F. J. (1950). *Nature* **166**, 519.
17) Neish, A. C. (1951). *Can. J. Botany* **29**, 68.
18) Mendel, J. L. & Visser, D. W. (1951). *Arch. Biochem. Biophys.* **32**, 158.