

孤高の人・高城成一先生を悼む

—高城先生はなぜムギネ酸を発掘できたのか—

森 敏

東京大学名誉教授・石川県立大学客員教授

昨年(2019年)の12月6日に『ムギネ酸』の発見者である岩手大学名誉教授である高城成一先生が仙台の病院で逝去されました。私は1980年半ばからしばしば高城先生の教えを受けながら、植物の鉄栄養の研究を行ってきました。先生とつきあっているうちに、何故この一見、魯鈍に見える高城先生が、植物栄養学上の歴史に偉大なエポックを画する『ムギネ酸』を発見することができたのかについて、強い興味を持つに至りました。ムギネ酸は鉄欠乏になると、イネ科植物が根の乾物重の1%ぐらいの量を日の出直後に根圏に分泌する天然の3価鉄イオンのキレーターです。

高城先生と普段接している岩手大学関係者のどなたに伺っても、私同様、高城先生が「ムギネ酸の発見」という偉大な研究成果を得ることが出来た理由がよくわかっていない様子でした。高城先生は極めて地位や名誉には恬淡(てんたん)としておられ、15年間にわたる岩手大学在任中に学部長はもとより、学科長などの役職は一切されたことがないということでした。岩手大学ではこれらは推薦制であったために、本人によれば「誰にも推薦されなかったから仕方がないだろう」ということでした。「推薦されるには運動をしなければいけなかったんじゃないか。僕はそんなのは大嫌いだから」と言うことでした。周りの教員からすれば、「こんな魯鈍な人に教授会の司会を任せたら会議の展開がどうなるかわからない」という不安感があったのかもかもしれません。多数の教授会メンバーの“得て勝手な意見”をてきぱきとまとめて、最大公約数的な結論を適宜引き出すという迅速な議事運営の作業は高城先生がもっとも苦手とするところであったのではないかと思います。俗に言う法科的な“条件反射”の能力が高くないということを岩手大学の教授会メンバーは見抜いていたのだと思われまふ。ムギネ酸の発見そのものは岩手大学に助教授で転任してくる前の東北大学農学研究所で助手の時代になされたので、飄々とした岩手大学時代の高城先生の立ち居振舞いからは、岩手大学関係者には高城先生の東北農研時代の苦闘の時代を想像することはとうてい無理ではあったのかもかもしれません。

ということもあって、高城先生が1991年に岩手大学を定年で退職された時に、少しはお暇な時間が出来たのではないかと感じて「ムギネ酸発見物語」とでも題すべき自序伝を青少年向けに是非書き上げていただきたいとお願いしてみました。御本人に自分史を紐解いてもらおうと、多分非常に魅力的な個性的な研究者としての特性が浮かび上がってくるのではないかと、そしてそれが後輩の研究者に対して様々な示唆を与えてくれるのではないかと、と強く期待したからです。

ところが、高城先生は文章を書くのがきわめて遅筆です。実際、生涯論文数もレフェリー

付きの雑誌の first author の英文が 2 報と単独名の総説が 2 報のみで、あとは共著論文が数報のみです。和文も単独名の原著論文が 2 報、総説 1 報のみです。ですから、ムギネ酸発見物語の執筆を頼んではいたのですが、時々電話で伺っても一向に筆が進んでいる様子ではありませんでした。しかしご本人の生い立ちや研究歴などについては頭の中では徐々に整理されているご様子でした。

その後紆余曲折の結果、結局、筆者が仙台にある高城先生のご自宅におじゃまして直接インタビューをして、その録音テープを起こして、本にしようということになりました。それがやっと実現したのが、最初の自叙伝の企画から 15 年以上も経った 2007 年 6 月 30 日のことでした。

インタビュー当日はすでに高城先生はご高齢（82 歳）で持病の COPD（慢性閉塞性肺疾患）が進行しており、鼻に酸素をボンベから吸入している状態でした。8 時間の長丁場のインタビューは、先生の記憶が不鮮明なところが多々あり、時代があちこち前後したのですが、悦子夫人の陪席により何とか高城先生の強烈な個人史を正確に聞くことが出来ました。そして、何故に高城先生がムギネ酸を発見することが出来たのかが、私には良く理解できました。その記録を今年の 4 月に私が理事長を務める NPO 法人 WINEP 発行で『ムギネ酸を発掘する 鼎談高城成一・高城悦子・森敏』として上梓しました。残念ながら高城先生のご存命中に発行が間に合わなかった事はかえすがえす残念なことでしたが。

そこで、高城成一先生の生い立ちです。お父さんが陸軍士官学校出身の軍人であったのですが、小学校の時の成一少年は、父親の“しつけ”の方針で、早朝に 5 銭で仕入れた納豆を 5 銭で引き売りして回って、お駄賃がゼロというような経験も含めて、本人にとっては終生意味のわからぬ父親の厳しい“いじめ”にあっていたということです。この時期から高圧的で理不尽な話には体が反応しない習性が出来たということです。「軍人の子は軍人になれ！」という父親の命令で幼年学校を受験させられて二年目に合格しています（自分では成績はビリに近かったとおっしゃっていますが）。次に陸軍士官学校に進学して、昭和 20 年に航空士官学校練習生として満州の牡丹江に派遣されて“赤とんぼ”（九五式練習機）の操縦訓練を受けます。ところがそれから半年して突然終戦になって、特別待遇で住民よりも真っ先に這々（ほうほう）の体で朝鮮半島を縦断して貨車で本土に引き揚げさせてもらっています（民間人よりも早く逃げた、というこの事実は先生にとっては<終生の心の痛み>であったようです）。その後は、母方の実家で百姓をやったり、盛岡農林専門学校の 2 年次に転入学して卒業し、また実家で百姓をやり、南郷高等学校で理科の先生をやったりしますが、どうやら水が合わず無能教員扱いされていたので、1950 年盛岡農林専門学校時代の友人の紹介で東北大学農学研究所に、木村氏水耕液で有名な木村次郎教授に超薄給の「研究補助」として採用されます。この研究所はスタッフが少ないので、研究補助でも研究に狩り出されたということです。ここから徐々に高城先生の研究者としての生活が始まります。岡島秀夫助手に実際の指導を受けるうちに自分でも自立した研究が出来るようになりますが、この研究所では上層部からは徹底的に“無能扱い”をされ、むしろ放任

に近い扱いを受けていたので、研究のすべてを自分1人でやらざるを得なかった、結果的にはそれが人に頼らずにマイペースの研究をする能力を鍛えられたので返って良かったのだと言うことです。

ここで行われたテーマは当初は「イネの湛水適応性に関する栄養生理的研究」（東北農研彙報、1959）「水稻栽培における土壤湛水の意義に関する研究」（東北大学農学研究所報告、1965）と言う水田での稲の栽培が持続的たるゆえんを植物の側から究明することです。この研究を深めていく中から**土壤菌が居ない完全合成培地では、土壤水分の増加に伴いイネが顕著な鉄欠乏を呈する**> という重要な発見を行うこととなります。「おまえ、いったい何やってんだ？」という上司の揶揄や非難にいつも曝されながらも、自分は何か確かな手応えを得ている、という自信があったので、そういう権威主義的な“いじめ”（今でいうアカデミックハラスメント）には全く動じなかったということです。

その後、この重要な現象の発見から、「鉄欠乏条件下ではイネの根から何か鉄溶解性物質が出ており、それが水で稀釈されるから、イネが鉄欠乏になるに違いない」（*Soil Science and Plant Nutrition*, 1976）という確信を得て、その実体の究明（高城先生の言葉では、「発掘」作業）に入ります。そして鉄欠乏オオムギ（品種：みのりむぎ）の根から分泌された鉄溶解性物質を高城先生が純品に精製して、その化合物の構造決定は東北大学薬学部の竹本常一研究室の協力を得て行われ、『ムギネ酸(mugineic acid)』（*Japan Academy of Science*, 1978）と命名されたのです。

この一連の研究成果は、1983年のアメリカのユタ大学で開催された 2nd International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants（通称、国際植物鉄栄養学会）に高城先生が私費で（文科省に旅費の申請をしたが落とされた）参加してポスター発表されました。ポスターの前には黒山の人だかりが出来て、みなさん椅子を持って来て座り、高城先生は英語が得意でなかったので中国人教授による通訳を通じた1時間の熱いディスカッションが交わされ、大変な評判であったとのこと。当時の熱気はこの学会にその後毎年私は参加しているのですが、世界中の研究者から私自身が繰り返し聞かされてきたものです。この時の発表内容の論文は *Journal of Plant Nutrition*(1984) という比較的サーキュレーションがマイナーな雑誌に掲載されました。

この高城のポスター発表を聞いたドイツの Hohenheim 大学の Horst Marschner 教授と Volker Roemheld 助手は直ちに、この研究を追試して、高等植物の鉄獲得機構に関して、今日ではあまりにも有名な Strategy-I と Strategy-II という仮説を提出し、*Plant Physiology*(1986) に発表しました。Strategy-II というのがイネ科植物特有の新しい鉄獲得機構モデルですが、これは土壤中の3価の鉄イオンと根が分泌するムギネ酸とがキレート結合して<ムギネ酸・鉄>となり、それが根の細胞膜のトランスポーターを介して吸収されるというモデルです。まさに彼らの追試によって高城の研究が高く評価されて確立されたモデルなのです。この二つのモデルに関係する酵素 (FR02) やトランスポーター (IRT1, YS1) などの遺伝子はその後10年間の間に次々とクローニングされて、このモデル

の正しさが立証されて来ています。

このように、高城によるムギネ酸の発見は、高等植物が根圏の鉄栄養環境を感知して、適応的に根圏環境を変えると言う、その後の植物栄養学のパラダイム変換の引き金（トリガー）となったものです。ここでは詳細は述べませんが、その後、各種の栄養欠乏や過剰によって植物根が根圏に多様な酵素や化合物を分泌すること、土壌からの養分の吸収・移行・転流には各種のトランスポーターが関わっていること、トランスポーターの発現には固有の転写因子が関係していることなどが次々と解明されるという、現在この分野では怒濤のような研究の流れがわき起こっています。中でも鉄(Fe)、ホウ素(B)、珪素(Si)、硫黄(S)、アルミニウム(Al) 等は日本の研究者が先陣を切っている分野です。

(2009. 4. 28. 記)