

戦後の日本産寒天の品質向上と技術開発に尽くした

松橋 鐵治郎 博士



2021年4月自宅での松橋さん

松橋鐵治郎さんは、昭和5年（1930）長野県長野市にお生まれになられた。長年、寒天の基礎研究から寒天製造技術まで、幅広く活動をされてきた。今なお寒天の良きアドバイザーである。日本海藻協会の会誌「海藻資源13号（2005）に長文の総説“寒天海藻のメッカ、茅野”〈長野県寒天産業の起伏〉の掲載をお願いしたことにより松橋鐵治郎さんと筆者との交流が始まった。

筆者は、フィリピン、タイ、ブラジルからの大学院留学生に、各国のオゴノリから抽出した寒天の特性を研究テーマにしたこともあり、寒天には興味があり、松橋さんから寒天に関する試料も頂いた。

2008年には松橋さんは生涯の研究活動の総括と

寒天・ところてんの利用の普及のために、一般向けの著書、「寒天・ところてん読本」（農山漁村文化協会）四六版213頁を刊行された。やさしく書かれており、テングサの知識、ところてんの作り方、寒天食品のレシピから寒天産業史まで、寒天に関しては学術的グラフが挿入された専門書としても貴重な本である。購読をお勧めしたい。次いで出版社側の好意により発行された「寒天・トコロテンの科学」（光琳、2012、B5版118頁）は、ソフトカバーながら専門書として総合的な内容と共に、後半は「ゼリー食品や微生物、生化学そして人間社会と寒天の関わり」も柔らかく紹介されている稀な良書である。しかし、発行書店の忽然廃業により出版後直ぐ絶版になった。2016年に、東京水産大学同窓会誌「楽水」に連載されている。

寒天は、日本の海藻産業を代表するものであり、太平洋戦争以前は、日本の世界的な独占産品であった。寒天の研究と寒天産業振興に捧げられた松橋鐵治郎さんの足跡を追いたい。今回はご自身で書かれた多くの資料を基に、松橋さんの寒天の研究・技術活動と日本の寒天事情がわかるようにまとめた。

学制改革の大学と千葉県庁への遍歴

戦後間もない1949年に東京物理学校（現 東京理科大学）第2部理化学科1学年終了（210名中首席）後、新製の東京水産大学（現 東京海洋大学海洋科学部）に入学し、1953年に製造学科水産化学課程を卒業した。卒業研究は、水産庁東海区水産研究所油脂化学研究室に出向しての「魚油の高度不飽和脂肪酸」の実験研究であった。今日、健康食品成分として馴染みのDHA, EPA のハシリである。

大学卒業時、偶々水産製造分野の就職難時代に遭遇し、同郷出身の高位の方の推薦により4月初旬、千葉県に職を得た。「役人は嫌いだと言っても修行だと思ってやれ」と励まされた。千葉県庁も赤字再建団体の年、県庁職員の公式採用はなく、数月遅れの採用試験には「行政職」に合格し事務吏員に任命された。身分は何であれ、初め2年は水産試験場製造課（館山市）に所属し、「BHAによる魚油の酸化防止」の試験研究成果を日本水産学会誌（1954: 19 (9); 20 (6)）2報に発表できた*。「東京湾の重油流出汚染によるノリ漁業大被害事件」を期に昭和30年（1955）からは本庁水産部において、「水質汚濁防止」今日流の環境問題を一手に担当した。当時は無手勝流の業務が性に会い、我ながら一生懸命に働いた。因みに長野へ転任してから自費出版した「海洋汚染・その実態と防止策」（1999; pp234. 補2009; pp54. 印刷製本：信毎書籍：国会図書館収蔵）は「平成16年・関西水俣病の最高裁判決」に寄与し、今以って水俣学研究センターから尊崇されている。

* <BHA 発売元、日本揮発油（株）常務・遠藤義臣理学博士の好意で英訳されていたこの研究報告が米国UOP社に送られており、これが後年ジョージア大学のアシスタントシップを得る切っ掛けになるとは夢想にもしなかった。>

奇妙な1961年の転機

千葉県水産部に就職していた人が寒天製造工学の研究の道に入ったのは、昭和36年（1961）創設の長野県寒天検査研究所から始まる。これは「割愛人事」により、千葉県本庁の行政職から長野県出先機関の研究職へと一転したのである。戦後の東京水産大学1回生には「寒天」の講義はなかった。その上、寒天の研究歴がないのに、義侠心をもって長野県に転任するにあたっては、神田神保町で求めた柳川鐵之助先生の「寒天」（工業図書、352頁、1942）が絶大な登山案内役になった。

寒天業を取り巻いた風雲

太平洋戦争後の混乱が落ち着き、昭和30年（1955）代の日本の寒天は、一時的にせよ重要輸出水産物の一つとして、ドル稼ぎの旗頭でもあった。長野を筆頭に、関西（OKH）、岐阜、山梨、等で伝統的な天然寒天（角、細）が優勢のなか、粉末寒天（化学寒天／工業寒天）の工場が全国に数10乱立し操業していた時代であった。そのなかで日本海藻工業（株）が八王子にテングサとアルカリ処理オゴノリの2ラインの新工場を設立し、その粉末寒天生産規模は長野県全寒天生産量に匹敵せんばかりであった。寒天製造業は全国的に

暴風圏にさらされた状況になった。そんな折、長野県が岐阜県より5年遅れて寒天研究室を設立し、その責任者にと、彼に内密の話があった。「物作り」への憧憬もあった彼にとって、寒天は化学と冷凍の合体産物であるから「オレの出番だ」と心に決め、千葉県庁の先輩上司には無断で、長野県庁の要請に応じた。千葉県庁水産課長から重ねての慰留をも振り切り、転任の挨拶に知事室に参上した際、「何で斜陽産業に首を突っ込むのか」と、柴田等知事の一言が鋭かった。知事への恩義に背いた悔恨の念が今でも頭に響いている。

当時の長野県の寒天産業の概況

当初決められていた「研究室」が「研究所」と名前が変わり、長野県寒天検査研究所の統括者として試験研究と同時に検査業務を包括し、さらに寒天業界指導にも当たることになった。直前昭和35年(1960)の長野県内寒天生産実績は、天然寒天(角、細)761トン<128事業者;153釜(工場)>。工業寒天(粉、フレーク)約140トン<7工場(企業)>。合計約900トンで、全国の寒天生産高(約3000トン)の3割を占めていた。

百家争鳴の研究課題要請と寒天製造業の実態

研究所の発足と同時に寄せられた寒天業界からの要望は百家争鳴、打ち上げ花火のようで、「同時多発の寒天研究」が始まった。研究業務は、基礎から応用技術まで同時発進で、持ち込まれた試験研究要望課題は千差万別であった。

例えば、・輸出検査のゼリー強度測定が神戸と横浜とで違う・角寒天は細寒天よりゼリー強度が劣ると言われる・寒波がひどいと寒天のゼリー強度が低下する・ポルトガル産テングサは煮えにくくて困る・アルゼンチン産オゴノリは糊分(寒天)が多くて濾過できない・寒天の色を白くするクスリ(化学薬品)はないか・良い漂白剤はどれか・用水の水質の分析などなど、多種多様であった。

主な研究業績について

昭和36年(1961)から44年('69)まで長野県寒天検査研究所(茅野市)が研究活動の拠点であった。昭和45年(1970)から63年('88)まで、新設の長野県食品工業試験場(長野市)において、食品開発部長、場長として、国の研究推進委員会等の業務もあったが、寒天の研究も断続的に遂行された。寒天に関する多岐多様な既往の試験研究のなかから幾つかの研究業績を拾い上げて次に記す。また定年後は今日まで自営の「技術士・ジロー研究所」R&Dの一分野として、海藻と寒天の研究を持続してきた。

ごく最近、下記の1, 2を集約し躍進させた50年越しの考え方が研究論文(英文)として発表された。この節の末尾に要点を紹介しよう。

1. 寒天ゼリー強度の規則性および寒天凝固性の新評価法

(1) ゼリー強度の規則性

寒天の濃度(x)とゼリー強度(y)との間にきれいな直線関係($y=ax+b$)が認められ、

x=0(%)のときのy値を外挿すると、多種多数の寒天について大略 $y = -100(\text{g}/\text{cm}^2)$ 近辺に回帰線が交差することに注目した。2元1次式においてb値を固定できれば、この関係から『寒天分の間接定量法』が成立し、『生天ゼリー強度からの迅速製品ゼリー強度予測法』として応用できた(松橋:食品工誌, 17(1), 29-33(1970)。また、このxy関係から『YS(寒天収率と強度)計算図表』を作成し、草割(原料海藻配合)も計数的に設計し、『テングサ類を含まない配合海藻からの角寒天製造技術』も「やればできる」と実証した(長野県寒天研報, 1, p. 12('64); ニューフードインダストリー, 7(2) p. 16('75))。

彼は当初かまぼこを連想して、寒天ゲルの物理的構造は不規則なものと思っていたが、寒天ゲルの規則性に魅せられ、寒天の構造と本気に取り組む一つのきっかけになった。

(2) $T_m - \Delta T_m$ ダイアグラムによる凝固性評価法

ゼリー強度は同じでも寒天によって粘弾性は異なる。ここに登場するに至ったのがゲル融点測定値に基づく松橋の「 $T_m - \Delta T_m$ ダイアグラム」、寒天の新凝固性評価法である。 T_m は1.0%濃度の寒天ゲルの融点(°C)、 ΔT_m は1.5%と1.0%濃度ゲルの融点の差(°C)融点勾配ともいう。遡って「ゲル融点 [°K] (絶対温度)」・「寒天濃度 [g/L]」の関係式から誘導される、 ΔH° [Kcal/Mol of Cross-link]; 『ゲルのクロスリンクを解くに要する熱量』という数値が求められる。この ΔH° と ΔT_m との逆相関性により ΔT_m の小さい寒天ほど優れた凝固性、と手軽に、客観的に判定できる(原著英文: 国立台湾海洋大学水産食品加工專輯. (1989)、後記。

なお、カラギーナンやゼラチンのゲルの ΔH° 値は寒天ゲルより明らかに小さく(ファームニス劣り)従って ΔT_m 値は大で、寒天とは異なる高分子物質であることが判かる。

2. 海藻の低温酸処理法による新寒天抽出方法

心太屋さんは食酢を使い、寒天製造業者は硫酸を使うが、寒天製造工学の唯一の専門書、柳川鐵之助著「寒天」にも、寒天海藻煮熟の際の酸の化学的作用機作は記載されていない。松橋の新寒天製造方法は次のようである。『海藻を強酸性(pH下限1.0)の冷水溶液(液温20°C~0°C)に15分ないし60分浸漬した後、水洗脱酸または中和水洗する。「低温酸処理」した海藻をpH約7の中性域に置いて30分~1時間煮熟するだけで天然高分子状態を保持した最高の凝固性を有する寒天が収率良く得られる。工程管理が容易・確実になるほか、未知の海藻に対応できる利点もある』<松橋: 特許・1974第739750号『海藻からのトコロテンおよび寒天製造方法』>(略称『海藻の低温酸処理法』参考自著・*J. Food Sci.*, 1977: Hariss' Food Gels, 1990: Ajjal Resources, 2021:後述)。新技術を茅野~伊那の寒天業者有志に紹介した当時、その意義が理解されぬまま何年も過ぎた。そのなかで2回も相対で好意的な解説を受けた粉末化学寒天工業のI社がコロンプスの卵と気づき、**発明者=特許権者に無断で、この方法を使い、近年全国一の寒天メーカーに躍り出ている。**処理オゴロリ化学寒天工場の製造現場を見なくとも、粉末製品のゲル融点により新技術を使ったことは容易に判定できた。ちなみに、従来法では、融点が90°Cを超す粉末寒天製品を製造することは事実上不可能であった。さらに相当の空白年数を経て、茅野の

総合寒天製造業 M 社が新設の自動化化学寒天工場(1992)に「低温酸処理法」を適用し「画期的な威力・効果が判った」と一言松橋に弁明した。新技術は遅蒔きながら全角寒天工場へと波及し現在の海藻煮熟工程は大幅に改良され製品品質が安定向上している。

由来、アルカリ処理法や低温酸処理法等に対する寒天業者の認識は不徳と言うより、**中国企業のノウハウ戦略以上の妙技**のようだ。彼によると、20 世紀末、日本国内寒天製造業の企業間格差が急拡大し寡占化した背景には、安定化した海藻煮熟工程も一因になっている。さらに新技術の基礎理論は長野県食品工業試験場に転任してから、実験化学的に証明された。

3. 凍結工程によって寒天の凝固性は低下するものではない

長野県に赴任した年の秋、長野県庁特産課長は、凍結工程の解明の必要性を理解し 80 万円の追加補正予算を組んでくれた。松橋が基本設計し岡谷の冷凍機屋さんに製作させた「フロン 22 冷媒, 1 馬力冷凍機の管棚式凍結装置を駆使して徹底的に凍結問題を究明した。3 段階法式のゲル凍結実験の研究成果として、**凍結工程によって寒天の凝固性は基本的には低下するものではない**ことを実証した (松橋: 冷凍 [1974], 49 (559), 397-414 ; 49 (563), 756-760 ; 49 (565), 958-973 : [2001] , 76 (883), 438-444。この成果を裏替えずと、新しく機械凍結法による工業寒天を製造する場合、冷凍設備の設計は基礎条件 (温度) が一つ緩和される。

なお、天然寒天ゲルの凍結水分の半分が気化によって除去されるという、茅野の地理・気象条件が、角寒天製造に有利なことも実証された

4・寒天製造におけるポリリン酸塩の利用と効果

(1) 鉄イオン封鎖作用による 寒天の白さの向上

詳細⇒ 日食工誌 [1968] , 16 (1) 1-9.

(2) 煮え難い海藻からの寒天分抽出が可能になる

詳細⇒ 日水誌 [1971] , 37 (5) 441-454 (英文). 日食工誌 [1971] , 18 (7) 343-346. 思わぬ(1)の別効果として長年に及ぶ不正な**硼砂(Borax)**の使用が根絶した。

海外研究者との交流

1. 米国留学中、米国ただ一人の寒天研究者 Humm 博士と会う



1965～66（昭和40～41年）の1年間、35歳で米国州立ジョージア大学食品科学工学科のアシスタントシップを得て大学院修士課程に留学し、修士の学位を得た。食品科学工学科であれば、ゼラチンやコロイド化学、あるいは食品工学系の知識を吸収でき、すこしは日本の寒天工業に貢献できると思ったが、ジョージア大学では期待外れだった。

州立ジョージア大学から受理した修士学位証書

しかし、偶幸があった。学内のコスモポリタンクラブ会合で自分とほぼ同年の植物学教授との談笑が機縁で、「寒天研究者なら」とエコロジーの大家の Odum 博士を紹介され、さらにノースカロライナ在住の植物学者 Humm 博士を紹介していただく幸運を得た。戦時中、日本から寒天が輸入できなくなったことから、**米国内において寒天は戦時重要物資に指定され***、大西洋岸の海藻に詳しい Humm 博士に寒天製造の研究が政府筋から委託された。ハム先生は大西洋岸のいくつかの海洋研究所長を歴任された方で、一晩お宅に泊めてもいただき、寒天海藻研究の一部始終と米国内の寒天生産動向も話して下さった（楽水 No. 852, 18～23, 2015）。*参考：帰国して昭和43年2月に、ソ連貿易省医薬品輸出団のコロビン団長とシシキン医薬品部長が茅野の寒天研究所に来訪している。＜長野寒天研報（1970）4、p. 48. >

日本でも寒天のことを知る研究者は少ないが、米国にあっては一人か二人しか寒天をわかる研究者がいなかった時代のことである。ハム先生の知遇は、マリンコロイド社化学部長 Guiseley 博士との親交に繋がり、彼のアガロース化学知識を日本の寒天関係者に伝播することもできた。さらにお二人との親交が50年のインターバルを経て最末尾の英語論文に発展した。なお、温厚篤実なハム先生とは互いが寒天研究一人男として意気投合し、生涯文通が続き、切手コレクションの手ほどきまで伝授して下さった。

2. 英国 Harris 博士 編集の Food Gels 書への執筆参加



全 11 章の第 1 章、Agar”（寒天）の執筆要請は米国の Guiseley 博士 からもあった。編集趣旨を読み受諾し全精力を尽くして、51 ページにわたる第 1 章を書き上げた。〈Matsubishi, T.: Agar in Harris' s Food Gels, (Elsevier, 1990), p. 1-51〉.

原稿校正時に西成勝好博士に伴われて、編者 Harris 博士 が 長野に来訪された。

長野駅にて P.Harris 士と

原稿中の 2 種類の海藻寒天ゲル（生天）の写真——オニクサ寒天の曲げ弾性やオキテン寒天のゴム状高弾性の実像——を見て、従来の概念になかった寒天の強力なゲル物性に仰天した。この本には、寒天、アルギン酸塩、カラギーナン、ペクチンの植物系ゲル物質のほかカゼイン、卵タンパク質、ゼラチン、筋肉タンパク質、等のタンパク質系を含めて、計 11 種類（11 章）の食品ゲル物質が取り上げられている。松橋の寒天の章は特に欧米で好評を得た。二つのおまけがついた。その一つ、エストニアの大学化学部長 T 博士から、「あの本が気に入ったから、天然有機物化学系の一書の共著者になって欲しい」という懇切なお誘いであった。しかし一足先に、カナダ人科学者と「Polysaccharides」の共著に参画した直後だったので、当人としては余力が無く丁重に断った。しかしながら、T 先生からバルト海産海藻フルセラリア等のカラギーナン物質の化学分析、最新の赤外吸収スペクトル分析、電顕写真等を掲載した化学論文数編を頂戴した。

も一つは、イスラエルの大学院生から「あの本の写真のようにしっかりした凝固性能の寒天を斡旋して欲しい」という手紙があった。幸い技術指導中の M 社の融点 94℃の粉末寒天を送った所、イスラエルの伝統ケーキに試用して好成績を収めた、と写真を添えて礼状が届いた。歯科印象剤用と同質・最優等の粉末寒天の思らぬ成果であった。

3. 国立台湾海洋大学から特別シンポジウム講師招請

1988 年に、国立台湾海洋大学で開催された「水産加工特別シンポジウム」に、米国ラトガース大学食品工学教授の学友 H 君の推薦によりに参加し、英語で次の 2 題を講演した。

日本人一人を、寒天のエキスパートとして迎えてくれた。

1. 紅藻類海藻の利用：寒天およびカラギーナンの理化学的特性と抽出製造方法
2. 寒天の新凝固性評価法。〈各英文原著：国立台湾海洋大学水産食品加工專輯. 30-50 ; 74-86, 1989〉.

台湾は太平洋戦争以前の経緯もあり、寒天に関して良き理解者で、良い日本のパートナーである。このシンポジウムで長野県寒天研究所時代に文通だけだった高雄の友人とも基隆の水産試験所で会うことができた。日本留学生として東海区水研や東京工大で指導を受けた陳溪河氏と弟の陳錫秋教授——「寒天・ところてん読本」 p. 128-9 にデータ引用——

のお二人とも歓談できた。2回目の訪台（1993年、国立台湾製塩総廠：アガロース生産企画の相談業務）と併せて新旧の知己や科学以外の分野の台湾人と交流できた。

技術士の取得と学位論文

昭和43年（1968）技術士〔水産部門〕資格を取得し、新設の長野県食品工業試験場（県商工部工業課所管）に転任して間もない46年に科学技術庁登録（第7198号）を果たした。技術士の肩書は通産省筋の各種研究補助金事業の申請採択に当たり絶大な信用を受け、長野県食品工試や凍り豆腐業界の技術開発研究の1千万～2千万円規模の補助金を再三にわたり授与された。一番大きな研究開発助成金事業は昭和47年の全国的な公害規制による「凍り豆腐工場廃水処理の技術開発」で、L式活性汚泥法による廃水処理施設が全国食品関連工業業界の一規範としても紹介された。中小企業庁主催・4県工業試験場の共同研究発表会が宮崎県で行われた際は北九州からも参加者満員の熱気に覆われた。その時の感激は忘れられない。部員3人3様の異分野技術者の集合努力の賜物であった。

寒天の研究者である岐阜大学長林金雄先生の推薦もあり、有為曲折を経て、『「製造」だからボクの所でいいのだ』と、東京農業大学小原哲二郎教授が学位論文の指導を快諾して下さった。今までの研究業績をまとめた学位論文「寒天の製造に関する基礎的研究」に、昭和53年（1978）東京農業大学から農学博士の学位が授与された。後日、小原先生のご病床に、刊行されたHarris編”Food Gels”を持参してお見せしたところ、たいそう喜んでいただき、著者本人も快哉した。

寒天製造技術と寒天の理化学の魅力

実際に寒天に取り組んでいるうちに、そのダイナミズムと理化学的魅力に牽引され、茅野では家族を巻き込む喜怒哀楽の8年間を過ごした。なお茅野に在任中、国立の研究機関から親身な転任の勧めがあったが、寒天抽出機作の解明が今一つの段階だったので、転出を謝絶した裏話もある。

後、消極的な関与ながら昭和45年創設の長野県食品工業試験場に18年間勤務し、この間〔日本食品工業学会賞、日本冷凍協会学術賞、科学技術庁長官賞を受賞した〕。

なお長野県の職制では、昔も今も”寒天は農政部の所管”で、商工部所管ではない。これが寒天後発県の岐阜が早くに農政部から商工部に所管替えしたのと大違いで、さらに県知事の要請により岐阜大学が寒天行政の後ろ盾になっていた。私見では全国の県立食品工業試験場としては広島と愛知が両横綱で大関はなく、新参の長野が関脇から大関になろうとする段階で、従来農政系列の試験場研究所が（食品科学とは無縁に等しかった）長野に触発され続々商工系列に脱皮し、関脇に昇進し大関になろうと見事な研究業績を上げている。（松橋サンは、長野県寒天検査研究所は辺境の幽霊組織であり、長野県食品工試はパラリンピックの一種目だったと自評している）。県庁退職後、今に至るまで、寒天との縁が繋がってきた。

今までの業績数は、総計約 280 編（2003 年現在）のうち、寒天・海藻 80 編。食品・製造 130、その他 30 編余、特許は 10 件である。今日まで、寒天研究の糸を断ち切れないでいた理由がある。恩義のある柴田等千葉県知事から言われた一言である（前述）。山の頂上までは登り切らねばならぬ男の意地であった。も一つは、寒天製造技術のダイナミズムと寒天の理化学的魅力である。

その他の科学技術活動・研究、等

多分野の活動歴を主なものだけ羅列しよう。

1. 1966 年以來 IFT (Institute of Food Technologists: 米国食品科学工学会) 会員。近年名誉会員。学会名維持に結着を付けた (Fd, Tech. : Mar. 1980. p. 28.)。

2. 日本技術士会の翻訳部会：「NSPE 科学者の倫理／その考え方と事例」シリーズの「続編」と「第 3 版」に参画した (丸善；2004；2008)。同、食品技術士部会：「食品化学新聞」の『食品技術士リレーシリーズ』に参加。7 編を投稿 (2001～05)。

3. 1997-2000：長野女子大学教授。「多水分系食品の理化学実験研究」

4. 水質ダイヤグラムと大気中の CO₂ 除去技術：

「用水と廃水」, 37(7) 12-18, 1995；水質---。39(3) 42-48, 1977；CO₂ ---。

特許第 3477627 号；水質ダイヤグラム。特許第 3421832 号；空气中 CO₂ の除去。

松橋さんの研究執筆活動は続いており、2021 には日本応用藻類学会誌に、下記の寒天に関する英語論文を掲載している：The intrinsic gelling properties of agarose and agar afforded by the endothermic energy required to dissociate cross linkage of gels. *Algal Resources* 14:1-13, 2021。(英文にした理由が本文中に示唆されている)。

[要点]

1. (アガロースも寒天も) 寒天物質の本質的な凝固性能は前述の ΔH° によって客観的に評価できる。2. すべて寒天物質の ΔH° は、次式の ΔT_m に対する回帰線で示される。

$$\log \Delta H^\circ = -0.977 \log + 1.9736 < \Delta H^\circ; [\text{kcal/mol}], (\Delta T_m \text{ 範囲}; 0.05 \sim 5^\circ\text{C}) >$$

3. これにより、アルカリ処理オゴノリからの粉末寒天もテングサからの天然寒天も、公平に品質評価できる。

4. 上記の式は、 ΔH° の簡易定量法として役立つ。(寒天原藻やアガロースの原材料学の研究進展にも活用されるであろう)。

5. 米国マリンコロイド社の Mo アガロースが最大の ΔH° を示し、日本 D 社の D アガロースが最小値を示した。試薬のディフィコ寒天も、日本製の細寒天や粉末寒天も中間の ΔH° 値であった。しかし松橋が低温酸処理法によりテングサ属海藻から実験製取した寒天の ΔH° --- 1,950 kcal/mol (8,158 kJ/mol) --- は例外的に大きく、Mo アガロースの 4.7 倍であり、Difco 寒天の 18 倍の「しっかりさ」(firmness)であった。

90 歳を超えた松橋鐵治郎氏は、なお趣味として長野の美しい自然の変化を写真に収めている。