



目次

- 2 研究最前線
植物の生長調節・制御を求めて
- 6 TOPICS
第4回SR国際シンポジウムの開催
- 6 理研の主な公開特許
- 7 SCIENCE BRINGS US TOGETHER
筑波での暮らしー王 忠清
- 8 原酒
フォトダイナミクス、仙台

植物の生長調節・制御を求めて

—クロロフィル生合成制御法の開発—

日向に生えている植物のみを白く枯らす除草剤がある。この除草剤は植物が葉緑素(クロロフィル)をつくる働きを抑えてしまう。ただし効果を発揮するには光が必要なので『光要求型クロロフィル生合成阻害剤』という。

では、どのようにしてクロロフィルの合成をじやますのか、その時、なぜ光が必要なのかということは、長いこと謎だった。しかし、ここ数年、にわかには仕組みが明らかになってきた。

植物機能研究室では、この除草剤が作用する仕組みの研究をいっそう深めるとともに、除草剤に抵抗性を持つ植物の開発、新しいタイプの光要求型クロロフィル生合成阻害剤の開発をめざしている。

『光要求型クロロフィル生合成阻害剤』の作用の仕組み

植物のクロロフィルは、図1のようにアミノレブリン酸という物質をもとに、さまざまな中間体を経て生合成される。

最近の研究によって、『光要求型クロロフィル生合成阻害剤』と呼ばれる除草剤は、クロロフィル生合成経路のうち、プロトポルフィリノーゲンIX(プロトゲン)からプロトポルフィリンIX(プロトナイン)が作られる段階で働く酵素(プロトポルフィリノーゲン酸化酵素)に作用することで、プロトナインの生成異常を起こすことが明らかになってきた。つまり、これらの除草剤を吸収した植物では、プロトゲンに作用すべき酵素を除草剤に横取りされてしまうために、交通を遮断された高速道路のようにプロトゲンが渋滞して溢れてしまう。そして、溢れたプロ

トゲンはクロロフィルへの生成経路を外れたところで酸化され、プロトナインとなって蓄積されることになる。

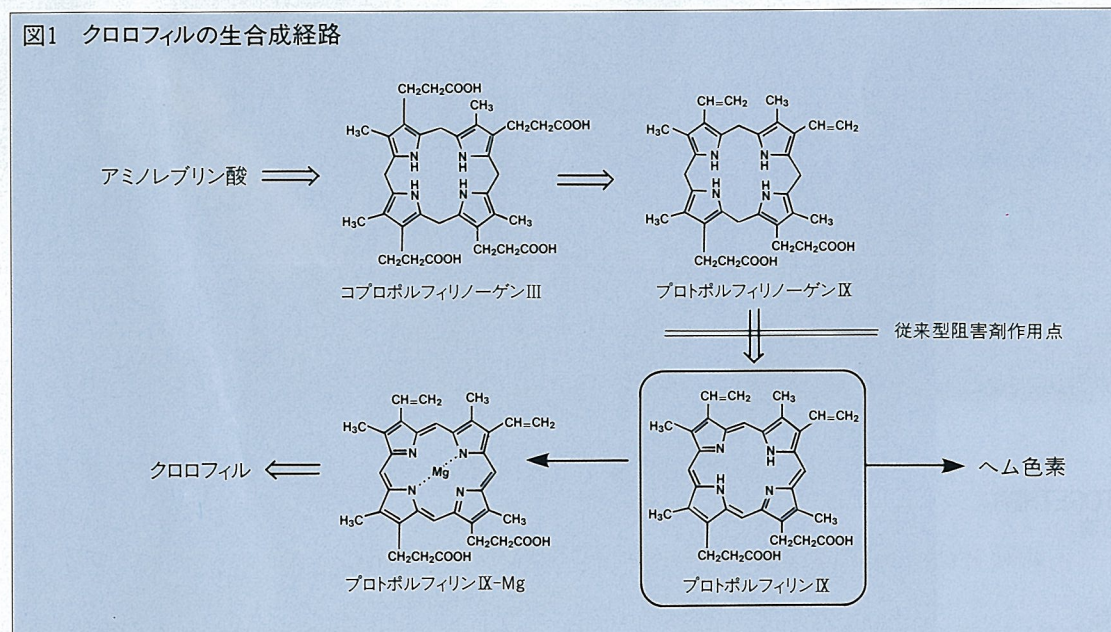
ところで、このプロトナインには、レンズのように光のエネルギーを集めて周囲の分子を酸化分解する作用(光増感作用)がある。正常なクロロフィルの生合成では、プロトナインは順々に次の段階の中間体に変化していくので問題は起きないが、生合成経路を外れてプロトナインが蓄積されるようになると、植物の葉緑体などの組織がプロトナインの光増感作用を受けて破壊されるために、植物は白くなって枯れてしまうのである。

『光要求型クロロフィル生合成阻害剤』の2つの開発テーマ

『光要求型クロロフィル生合成阻害剤』としては、これまでフタルイミド系化合物(S23142など)や



阻害剤に抵抗性を示す変異株として固定されたタバコ。



タバコ緑色培養細胞変異株の「光独立栄養」条件による培養光要求型クロロフィル生成成阻害剤を入れたフラスコに光を当てて、タバコ緑色培養細胞変異株の抵抗性を試験する。写真の株では、いずれも、ほとんど白化は起こらず、鮮やかな緑を保っている。

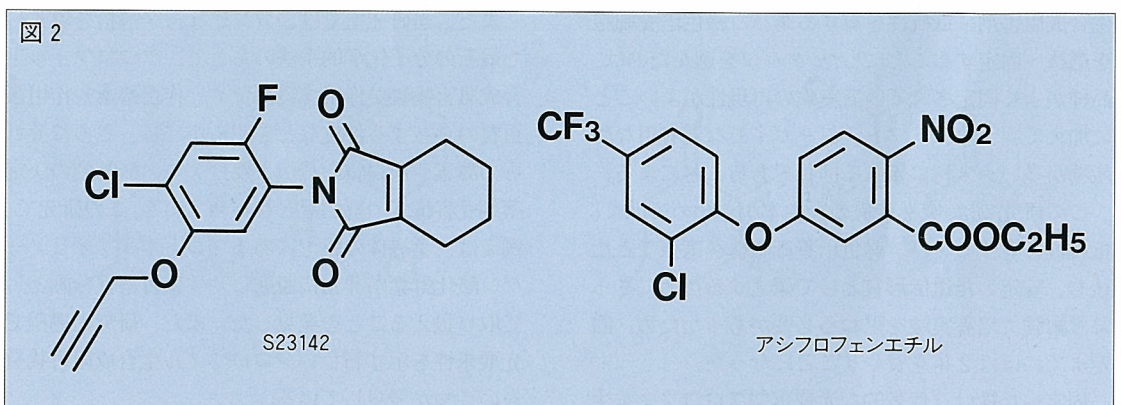


ジフェニルエーテル系化合物(アシフロフェンなど)が開発されている。(図2) いずれも少量で極めて薬効が高い除草剤といえるが、大きく2つの問題を有している。

第1は、あらゆる植物に非選択的に薬効を発揮するため、農作物用の除草剤として利用する際、散布方式や適用場面にいろいろな制約を生じることである。

第2は、図1に戻って、枠で囲ったプロトポルフィ

リンIX (プロトナイン) が作られるまでは、植物におけるクロロフィルの生合成も、動物の血液成分となるヘモグロビンの赤いヘム色素の生合成も、まったく同じ原料・経路で進むことに注目して欲しい。つまり、プロトナインの生成を阻害する薬剤は、植物だけでなく動物のヘム色素の生合成に影響を及ぼす可能性も考えられ、人間や環境中の動物に影響が現れる可能性もあるわけだ。



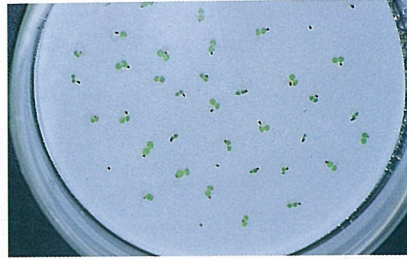


図3 タバコ緑色培養細胞で選抜された阻害剤抵抗性

阻害剤名	感受性細胞株	阻 害 濃 度 I ₉₀ (μM)			
		LR変異株	AR変異株	LR抵抗性	AR抵抗性
S-23142 (光要求)	0.003	0.3	0.003	100.0	1.0
アシフロフェン (光要求)	0.03	3.0	0.1	100.0	3.3
ピフェノックス (光要求)	0.1	3.0	0.3	30.0	3.0
オキサジアゾン (光要求)	1.0	30.0	3.0	30.0	3.0
クロメキシニル (光要求)	0.3	30.0	1.0	100.0	3.3
ニトロフェン (光要求)	1.0	100.0	3.0	100.0	3.0
ジウロン (光合成阻害)	1.0	1.0	10.0	1.0	10.0
アトラジン (光合成阻害)	0.3	0.3	60.0	1.0	200.0

そこで、植物機能研究室では、この2つの問題の克服のために、最新の植物工学技術を駆使して阻害剤に抵抗性を持つ植物を作ることと、より安全な新しい光要求型阻害剤の開発をめざしている。

抵抗性を持つ植物の開発に成功

薬剤の作用する場所が特定の酵素や蛋白質である場合、その薬剤をストレスとして培養細胞に少しずつ与えると、酵素などの配列を支配する遺伝子のわずかな変化によって、薬剤に対して抵抗性を示す突然変異株を選び出すことができる。

当研究室では、この方法で光要求型クロロフィル生合成阻害剤に抵抗性を有するタバコ緑色培養細胞を選抜・固定することにした。タバコを選んだのは、品種がよく固定されていて実験の再現性がよいことに加えて、ナス、トマト、ジャガイモなど有用な農産物が多いナス科に属する植物であることによる。

この研究では、突然変異の発生率がきわめて低く、抵抗性を有するタバコ緑色培養細胞株を選抜してきた後も、安定した遺伝形質として確立するためにさらに忍耐強く培養実験を重ねる必要があったため、固定までにほぼ2年を費やすことになった。

固定した株は、代表的な光要求型クロロフィル生

合成阻害剤であるS 23142に対して通常の数百倍の抵抗性を示したのをはじめ、他の阻害剤に対しても同様の抵抗性を示した。(図3)

この成果により、今後、作物には影響を与えないで、雑草のみを光要求型クロロフィル生合成阻害剤で選択的に除草する道が開かれたといえよう。当研究室では、引き続き、タバコ以外にアスパラガスやナズナなどでも同様の培養実験を行って、光要求型クロロフィル生合成阻害剤に対する抵抗性が発現する機構の解明を進めている。

新しい光要求型クロロフィル生合成阻害剤の開発

また、当研究室では、コンピュータ解析を導入した最新の分子化学的手法のもとで、クロロフィル生合成阻害物質が作用する部位や、作用酵素や作用蛋白質の存在する部位などを明らかにし、さらにそれらの酵素や蛋白質の遺伝子及びアミノ酸配列の決定、薬剤受容様式の解明などを進めている。この研究で、例えば、葉緑体の膜上にあるプロトポルフィリノーゲン酸化酵素が非常に脱離しやすい可溶性分画として取り扱えることを発見した。また、研究の過程で光要求性を示す新しいクロロフィル生合成阻害物質をいくつか発見している。



実験室の水耕栽培でピンクの美しい花を咲かせた変異株作成用のタバコ。

その成果の一端を簡単に紹介しよう。

先に、光要求型クロロフィル生合成阻害剤は、本来、プロトポルフィリノーゲンIX（プロトゲン）に作用すべき酵素に作用して、正常のクロロフィル生合成経路を遮断すると書いたが、それは、分子構造的に阻害剤とプロトゲンとが似通っているからであると考えられる。図1のように、プロトポルフィリノーゲン類化合物は、4個の環状構造を有する「環状テトラピロール構造」に特徴があるが、図2の既存の阻害剤の構造と比較すると、阻害剤はポルフィリノーゲン類化合物の半分または4分の1のパーツによく似ている。従って、新しい阻害物質の分子設計では構造的な類似性を基本に置くことが有効である。次に、一般的に、生理活性化合物の分子設計分野では、ある活性化合物のピニロガス誘導体も元の物質同様に生理活性を持つことが知られている。そこで、今回も既存の光要求型クロロフィル生合成阻害剤のピニロガス誘導体について生理活性を検討した。

こうした条件を踏まえてコンピュータ解析をもとにさまざまに分子設計を行い、開発した薬剤について、従来の光要求型クロロフィル生合成阻害剤に抵抗性をもつタバコ培養細胞変異株を含めてさまざまな植物で有効性を確認していった。その中で、抵抗性をもつタバコ培養細胞変異株に対しても白化活性を持つ新しい阻害物質として、ピランジオン系化合物とシクロヘキサジオン誘導体が発見された。(図4)

ピランジオン系化合物 (RW-12) は、その後の抵抗性発現機構の研究によって、従来の光要求型クロロフィル生合成阻害剤がプロトポルフィリノーゲンIXからプロトポルフィリンIXへの部位に作用するのに対して、その一段階前のコプロポルフィノー



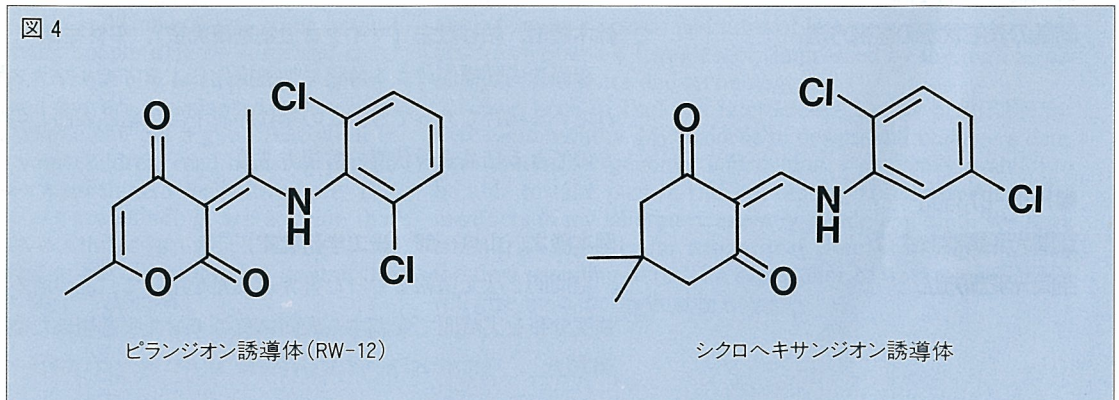
空調温室にて、研究室スタッフ一同(筆者は右より4人目)

ゲンIIIからプロトポルフィリノーゲンIXへの部位で作用することが確認された。

また、シクロヘキサジオン誘導体は、プロトポルフィリンIXができるまでは何等の活性作用も示さないため、クロロフィルが生成される直前で作用する可能性が高い。これは、まさに、人間や動物のヘム色素生成には影響を与えない光要求型クロロフィル生合成阻害剤の実現の第一歩になるものといえよう。

当研究室では、今後も、クロロフィル生合成系全体の解明を進める一方、ピランジオン系化合物や、シクロヘキサジオン誘導体に続く新しい光要求型クロロフィル生合成阻害剤の開発、それに抵抗性を持つ植物培養細胞株の選抜・固定など、多角的に研究を深化させていく考えである。

植物機能研究室
主任研究員 吉田茂男



第4回SR国際シンポジウムの開催

理化学研究所が日本原子力研究所と共同で兵庫県西播磨に建設を進めている第三世代の大型放射光施設SPring-8は、平成9年度の一部供用開始を目指して、線型加速器、シンクロトロン、蓄積リング等の建設が順調に進められています。なお、第三世代の大型放射光施設計画は、SPring-8の他に、仏国グルノーブルのESRF(平成6年秋から供用開始)と米国アルゴンヌのAPS(平成8年秋から供用開始)があります。

世界最高性能の放射光施設であるSPring-8の利用は幅広い科学技術分野に及びますので、両研究所では「大型放射光施設計画と先端科学技術」に関する国際シンポジウムをこれまでに3回開催し、広く国内外、産学官の

研究者等にSPring-8計画の進捗状況と放射光の利用研究分野を紹介し、SPring-8の利用可能性の普及・啓発に努めてきました。

この事業の一環として、去る3月9、10日の両日、(財)高輝度光科学研究センターとの共催で「放射光による材料科学研究の進展」を主題とする第4回のシンポジウムを神戸国際会議場において開催しました。シンポジウムはESRFのペトロフ所長、APSのモンクトン所長及びSPring-8の上坪リーダーによるそれぞれの施設計画の進捗状況報告、内外の専門家11名の講演、ESRF、APS及びSPring-8における材料研究用ビームライン計画の紹介が各施設の担当者から行われ、約300名の参加がありました。



理研の主な公開特許

■H05-243827

ミリ波帯素子の製造方法および製造装置

熊谷 寛、豊田浩一(半導体工学研究室)

反応ガスが満たされた照射容器内にセットした、誘電体上に固定された平板状導体にエキシマレーザービームを照射して絶縁空隙を形成することを特徴とし、波長短縮率の小さい基板を選びアスペクト比の大きい高性能なミリ波帯素子を製造することができるミリ波帯素子の製造法及びその装置。

■H05-245470

水和電子の生成方法

金子正夫、林 如章(反応物理化学研究室)

水に超音波あるいは音波を照射することを特徴とする水和電子の生成方法。この方法は、水和電子を定常的に生成することができるので、例えば、水素や過酸化水素等の製造に利用できる。

■H05-249513

誘導ラマン散乱による波長可変方法およびこれを用いた波長可変レーザー装置

田代英夫(レーザー科学研究グループ)、和田智之

波長可変域が広く、広帯域において高出力なコヒーレント光を得ることのできる誘導ラマン散乱による波長変換方法およびこれを用いた波長可変レーザー装置。

■H05-256779

結晶の表層状態の監視方法

鈴木隆則、粕谷敬宏(マイクロ波物理研究室)、平林祐輔

表面に成膜操作による薄膜や加熱操作によるアモルファス層等の無秩序層が形成されている場合であっても、この無秩序層下部の結晶表面との界面の状態を監視することのできる結晶表層状態の監視方法。

■H05-273503

空間光変調器および空間光変調方法

岡本隆之、山口一郎(光工学研究室)

空間的2次元情報をもった書き込み光を用いて、他の読み出し光の空間的な2次元強度分布を実時間で変調する表面プラズモン共鳴を用いた空間光変調器及び空間光変調方法。

筑波での暮らし

王 忠清 (ライフサイエンス筑波研究センター ジーンバンク室)

私の視点で、筑波の街を紹介するのにとても良い機会だと思い、筆を執りました。

私は6年前につくば市に来て、筑波大学で修士と博士の両課程を履修しました。つくば市は科学研究が盛んで、多くの研究所や大学があります。初めてきた人は、この街の静かさと清潔さに驚きます。街全体が緑で覆われ、大学構内のあちこちには様々な草木が植えられています。週末になると市民たちは公園でのんびりできます。子供と遊んだり、日光浴しながら芝生に寝転がったり本を読んだりして過ごします。私はそんな街を大変気に入っています。並木道の道路はとても広く、大都市で問題となる渋滞も全く無いので、ここで

はドライブを本当に楽しめます。

つくば市は環境の素晴らしさだけではなく国際都市ということでも有名です。市内の研究施設や大学のほとんどに外国の研究者や留学生が在籍しています。例えば、理研のライフサイエンス筑波研究センターには10人以上の外国人研究者がいます。また市内の商店、レストラン、街路では、いろんな国の言葉が聞かれます。

私は筑波にいるおかげで、政府および民間の有名な研究施設を数多く見る機会を得て、日本のハイレベルな科学技術にいたく感激しました。

私は理研のライフサイエンス筑波研究セン

ターに来て8ヵ月あまり経ったところです。遺伝子情報のためのデータベースシステムをデザインし、管理する仕事に取り組んでいます。私は興味深い研究に参加できて、とても嬉しく思っています。研究室の仲間達は皆親切で、旅行へも何度も一緒に出かけました。ここでの暮らしは、一生忘れることの出来ない、素晴らしい思い出となるでしょう。



研究室にて



Living in Tsukuba

by Dr. Zhong-qing Wang, Tsukuba Life Science Center

I think it may be a good chance to introduce Tsukuba City from my point of view.

I came to Tsukuba city 6 years ago. I finished my Master degree and Ph. D degree at the universities located at Tsukuba city. Tsukuba is a city for scientific research. There are a lot of Research Institutes and Universities. When getting here for the first time, many people may be surprised at its quiet and cleanliness. The whole city is covered by green. Various kinds of trees and flowers are planted in the campuses. In the weekend, people can get a good relaxation in parks, you can play with your children, read books or just lie on the green grass to have a sunshine. I really love here. The roads, along which tall trees are standing, are so wide that you need not worry about the traffic jam which is one of the knottiest problems in large urban cities. Driving around the streets is a really happy thing in Tsukuba.

Tsukuba city is not only famous for its wonderful environ-

ライフサイエンス筑波研究センター、情報バンク室において、情報処理関係の研究に従事。

ments but for its internationality. It is said almost every Institute and University have foreign researchers or students. For example, over ten foreign researchers are working in Tsukuba Life Science Center of RIKEN.

Almost all kinds of languages can be heard in stores, restaurants and streets. Living in the area for high-technology research also has given me many good opportunities to visit some famous research institutes of Japanese government and private companies. I was deeply impressed by the high levels of Japanese science and technology.

I have been in Tsukuba Life Science Center of RIKEN for over eight months. My major is to design and manage a database system for genomic information. I am really grateful to be able to take part in the interesting research. All of the members in my laboratory are very gentle and kind. We have taken trips together for many times. I am really appreciating the time spending here. The experience of working at RIKEN will give me a unforgettable memory.



フォトダイナミクス、仙台

フォトダイナミクス研究センターは、仙台市青葉区長町字^{こまじ}越路19-1399に在る。仙台駅の西、道程で約7.5km、海拔約200m。市内の仙台駅の辺りより、気圧が20ヘクトパスカル程低い。当然、下よりは寒い。雪も多い。または、涼しい。山の気象らしく変わりやすい。土地の南100mもないところが区境で、太白区富沢、東が太白区长町。仙台は、長町、富沢、越路という地名がなぜか複数ある。タクシーで、行き先を告げ、着いたところは目的地ではなかったということが時にはあるらしい。笑い話風語り口の、苦い経験談を聞くことが時々ある。

最寄りのバス停は、青葉台である。仙台駅前発の市営バスの終点である。このバス系路は、仙台駅、青葉通り、大橋(広瀬川)、仙台国際センター・博物館、扇坂、東北大教養部、半導体研究所、青葉橋、東北大工学部(別系統で理学部前のコースあり)、仙台カントリークラブ青葉山ゴルフ場、宮城教育大、金属博物館を通りながら高度を上げて青葉台に至る。新緑、紅(黄)葉とも美しい。道は急で狭い。対向車との擦れ違いでは一タスピードを落とす。右に左に振れて山道風である。雪道、凍り道は恐ろしい。

終点から500~600mでフォトダイナミクス研究センター。徒歩、雪のない時は5~6分。その間は、住宅、山、畑である。途中、切り通しになっていて、夜は闇となる。光(フォト)の有り難さが身にしみる。

仙台は、杜の都、バス沿道の木立ちはと見れば、櫨(県木、仙台市の木)、いちよう、柳、曙杉(メタセコイヤ)、桂、桤、楓、樫、柊。山にかかれば赤土らしい山土に赤松(黒松も点在)、樅の木、杉、桜、くぬぎ、こなら、楓紅葉、朴、うるしなどに笹山。いたるところ萩が自生。生け垣は、どうだん、錦木、つつじ、さつきに、つげ、もち、もっこく、さわら、ひば、山茶花、椿、珊瑚樹、木犀、車輪梅等。庭木は、豊富で楽しい。殊に東北大教養部の多行の松(赤松)は、青葉城址の青葉山公園にあるものと併せて、曰く有りげで興味を引く。

市内の街路樹は、頻繁に手入れされているのが目立つ。唐楓、ゆりの木(半纏木・チューリップツリー)、鈴懸の木(プラタナス)の堂々たる並木。

大橋の辺りには、時としてタカ(トビ?)の100羽を超える大群が乱舞する。中天に舞っていてもいるが、しきりに降下、低空飛行して、広瀬川面に近づいたり、忙しそうに移動する。そばには、鳥の群れがいる。適当な距離を置いているのか、争っている様子はない。棲み分けが成立しているのか。



午後の陽を受けるフォトダイナミクス研究センター



筆者近影



そんな周りの自然や文化に気をとられながらも内を見れば、昨年3月完成の研究施設。3階建の研究室・居室・セミナー室・センター長室・事務と2階建の実験室(屋上に受変電設備・非常用発電・熱源設備・水等エネルギー)が一つの建物の姿をしている。その周りに上水の受水槽、液体窒素タンク、実験排水処理施設・実験用給水槽、駐車場、埋設の防火用水槽、三次処理までやる合併浄化槽があり、隣の住宅ぞいに緑地・植木少々を配置し、4,921㎡の敷地は、手狭に思われる程の使われ方である。

仙台の名山、太白山(320m)をこの建物から望むことができる。蔵王の奥行き深い山層を西に見ることもできる。

現在、約40人。弁当を共にし、共同生活のような親近感、相互依存関係に在るように思う。片思いか。

センター長の田崎京二先生、光発生・計測研究チームの水野皓司チームリーダー、光物性研究チームの瀬川勇三郎チームリーダー、光反応研究チームの吉良満夫チームリーダー、光生物研究チームの田代英夫チームリーダー、塚原保夫サブリーダーとフロンティア研究員、テクニカルスタッフ、アシスタント、基礎科学特別研究員の皆さん、事務では少数精鋭の中、皆さん獅子奮迅の活躍をしてくれている。今も緊張した日々が展開されている。

参事/田畑 嘉雄



太白山

編集後記

研究最前線では「植物の生長調節・制御を求めて」と題し、植物の生命活動の要であるクロロフィル生合成の仕組みに迫る研究を紹介しました。また、TOPICSで取りあげた第4回SRシンポジウムでは、理研のSPring-8計画の経過報告がなされ、当計画の普及・啓蒙が図られました。

今後も、掲載内容の充実に向けていきたいと考えています。皆様からのご意見、ご感想をお待ちしています。

理研ニュース No.154 April 1994

発行日:平成6年4月15日

編集発行:理化学研究所開発調査室

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号 電話(048)462-1111(代表)

制作協力:株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ