

河川におけるDNA多型分析技術の適用について

Application of DNA polymorphism analysis technology to the river environment

河川・海岸グループ 研 究 員 後藤 勝洋
企画グループ グループ長 佐合 純造
生態系グループ 研 究 員 毛利 雄一
東北大学大学院工学研究科 教授 大村 達夫
東北大学大学院工学研究科 八重樫咲子
東北大学大学院工学研究科 鈴木 祥一

平成9年の河川法改正により、河川整備の目的に「環境」が加えられ、多自然川づくりや自然再生事業が進められており、その整備効果の指標として生物多様性の観点から評価する必要性が高まっている。平成4年の国連環境開発会議（地球サミット）で調印された生物多様性条約では、生物多様性を「生態系」、「種」、「遺伝子」の3つのレベルで保全すべきとしているが、河川分野においては、「種」の多様性について議論されることが多い。遺伝的多様性の観点では、近年、DNA多型分析技術の発達により、河川環境等に適用した研究事例も増えているが、実事業には十分に普及していない。

本研究は、DNA多型分析技術の河川事業への適用に向けて、河川で実施された事例を収集・分析し、DNA多型分析と河川事業のニーズの適合性について考察した。また、DNA多型分析による外来種対策の可能性について基礎情報を得るため、多摩川河川敷のハリエンジュを対象とした基礎研究を行った。

キーワード：DNA多型分析、生物多様性、遺伝的多様性、河川環境、外来種

In accordance with the revisions to the River Law in 1997, “environment” was added to the objectives of river development, and nature-oriented river management and nature restoration projects have been promoted. There is an increasing need to assess these projects as an indicator of the effectiveness of river development from the viewpoint of biological diversity. The Convention on Biological Diversity, which was signed in the United Nations Conference on Environment and Development (Earth Summit) in 1992, stipulates that biological diversity should be conserved at three levels, “ecosystem”, “species” and “genes”, while diversity in “species” is often discussed in the river sector. From the viewpoint of genetic diversity, an increasing number of study cases have recently been applied to the river environment, etc., along with the progress of DNA polymorphism analysis technology. However, they are not yet sufficiently widespread in actual projects.

In this study, we collected and analyzed case examples applied to rivers with a view to application of DNA polymorphism analysis technology to river projects, and examined the suitability of DNA polymorphism analysis and the need for river projects. Furthermore, in order to obtain basic data on possible measures to take against exotic species by DNA polymorphism analysis, we conducted basic research on *Robinia pseudoacacia* in the dry riverbeds of the Tama River.

Key words : DNA polymorphism analysis, biological diversity, genetic diversity, river environment, exotic species

1. はじめに

平成22年に生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)が名古屋で開催されることを背景に、全国的に生物多様性の保全に向けた機運が高まっている。生物多様性については、平成4年の国連環境開発会議(地球サミット)で調印された生物多様性条約において、「生態系」、「種」、「遺伝子」の3つのレベルで保全を行うことが明記されている。これまで、河川環境における生物多様性は、種数(分類群数)や多様性指数などの「種」の多様性を対象に評価されてきた。しかし、現時点の種数や個体数だけでなく、生物種の存続の可能性など、長期的な視点で生物多様性を評価することも重要であり、そのためには、種の個体間の「遺伝子」の違いで示される「遺伝的多様性」の評価が求められる。近年、DNA多型分析技術の発達により、河川環境等に適用した研究事例は増えているが、その方法論や有効性が認知されていないことから、河川事業には普及していない。

本研究は、DNA多型分析技術の河川事業への適用に向けて、河川で実施された事例を収集・分析し、DNA多型分析と河川事業のニーズの適合性について考察した。また、DNA多型分析による外来種対策の可能性について基礎情報を得るため、多摩川河川敷のハリエンジュを対象とした基礎研究を行った。

2. DNA多型分析に関する基礎知識

2-1 DNA多型分析とは

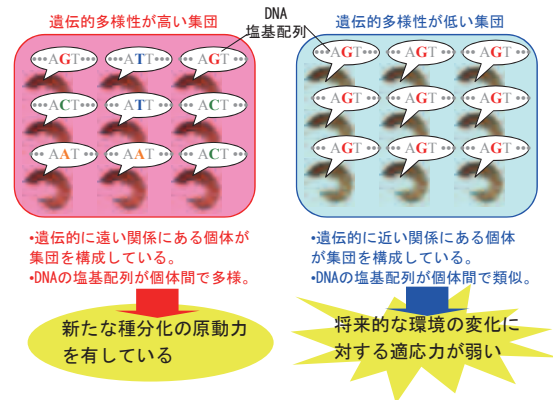
DNA (deoxyribo nucleic acid : デオキシリボ核酸) は、細胞の中にある遺伝子の情報が入っている物質のことで、4種類の塩基(アデニン(A)、グアニン(G)、シトシン(C)、チミン(T))の配列により、全ての生物の遺伝子情報が表現される。同じ種であっても、個体ごとにわずかに塩基配列が異なっており、この遺伝子情報の違いをDNA多型という。DNA多型分析は、個体間の塩基配列の差異を調べる分析である。



図一 生物多様性における遺伝的多様性の位置づけ

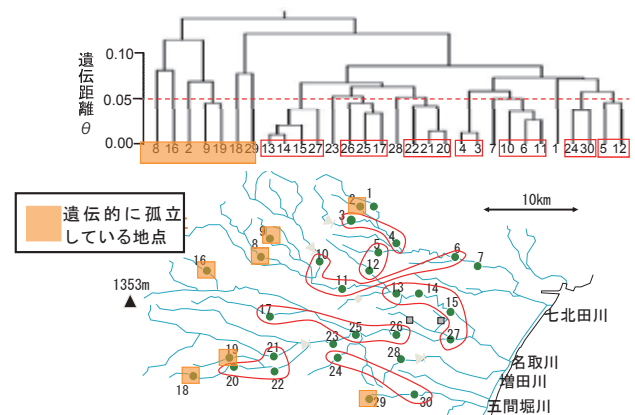
2-2 DNA多型分析による遺伝的多様性の評価

DNA多型分析によって、地域集団内の遺伝子の多様さを表す「遺伝的多様性」が評価できる。遺伝的多様性は、各個体が互いに似た遺伝子を持つ集団ほど低く評価される。遺伝的多様性が低い集団は、種の形質が画一化した集団であり、大きな環境の変化に対して適応できない可能性を内包している。これは、将来的に種が絶滅する可能性が高いことであり、遺伝的多様性の保全は生物多様性の保全にとって重要な課題である。逆に遺伝的多様性の高い集団は、環境変化への適応力が高く、世代交代に伴う突然変異の蓄積により、新たな種分化(進化)の原動力を有しているとされる。



図二 遺伝的多様性が高い集団と低い集団の比較

また、DNA多型分析によってわかる評価尺度として、各生物個体間や集団間の遺伝的な交流の強さを表す「遺伝距離」がある。遺伝距離は、遺伝的な交流が強い地域集団間ほど小さく、交流が乏しいほど大きく評価される。遺伝距離を評価することで、河川横断構造物による遺伝交流への影響や、遺伝的グルーピングから、地域間で交流のない孤立している地域の推定が可能となる。遺伝的グルーピングとは、遺伝距離が小さい関係にある地域間を一つのグループにまとめ、遺伝交流の地域構造を明らかにする分析である(図-3)。



図三 遺伝的グルーピングの例

(仙台南内河川のヒゲナガカワトビケラを対象とした東北大学の研究成果)

3. DNA多型分析技術の活用事例の収集・分析

3-1 事例の収集・分類

公開資料(専門書籍、学術雑誌、研究機関や学会のウェブサイト等)を対象に、DNA多型分析技術の活用事例の収集・整理を行った。事例の収集にあたっては、「河川事業へのDNA多型分析技術の適用」という趣旨に照らして、以下に合致した事例に絞り込んだ。

【事例収集の視点】

- ・対象生物 : 河川環境と関わりのある生物
- ・実施背景 : 分析目的が今後の河川事業で直面する課題と関係しうる事例

収集した事例は、その目的、背景、成果の活用方法の違いから、①DNA多型分析事例(DNA多型分析を実施している事例)、②DNA多型分析結果の活用事例(分析だけでなく、その結果を検討に活用している事例)の2つに大別して整理した(図-4)。収集した48事例のうち、26事例が①、22事例が②に分類された。整理結果の概要を表-1に示す。

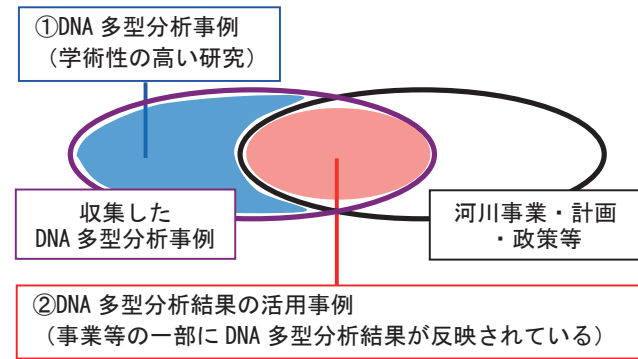


図-4 収集したDNA多型分析事例の分類

(1) DNA多型分析事例

学術性の高い研究としてDNA多型分析を実施している事例に着目すると、幅広い生物種を対象としており、遺伝子レベルで対象生物の特性が詳細に分析されている。傾向として、海外の研究では、ダムによる分断が地域集団に与える遺伝的影響の評価を行っている事例が多く、国内では、生物・水産分野の研究機関が、魚類等の集団構造や人為的移入の可能性について検討している事例が多い。また、国内の関連する学会・学術雑誌への投稿論文が少ないことから、河川においては未解明な分野であるといえる。

これらの事例は、河川事業における環境影響や事業効果の評価等にDNA多型分析を適用するにあたって、仮説の設定や手法の選定などの参考になるものと考えられる。

(2) DNA多型分析結果の活用事例

DNA多型分析結果の活用事例に着目すると、国や地方自治体を実施する河川事業の一環で、DNA多型分析が活用されている事例が確認された。この場合、DNA多型分析は大学や自治体の研究機関等が実施していることが多い。特に、DNA多型分析の結果が環境保全の方向性の決定に活用されている事例は、これからの河川管理へ適用するケースの例として参考となる。また、新たな生態系調査として、食物連鎖に着目して生物の糞から餌を特定している事例や、遺伝子型の地理的分布に着目して外来種の移入経路を推測している事例など、今後の発展が期待できる事例と考えられた。

次項では、河川事業の中でDNA多型分析を実施している数事例から、河川環境分野にDNA多型分析技術を活用するメリットについて考察した。

表-1 DNA多型分析事例の整理結果の概要

項目	①DNA多型分析事例	②DNA多型分析結果の活用事例
目的	<ul style="list-style-type: none"> ・ダムによる分断が地域集団に与える遺伝的影響の評価 ・希少生物等の遺伝的多様性の評価 ・人為的移入、定着状況の有無の分析 ・集団構造の解明 ・系統進化の分析 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・希少生物等の保全方法の検討 ・事業における環境保全措置の検討 ・生態系調査方法の開発 ・外来種の移入経路の推測 ・分類、同定、集団構造の解明 等
対象生物	両生類：アカガエル、オオサンショウウオ 魚 類：アユ、メダカ、ヨシノボリ、ブルーギル 等 甲殻類：ハクセンシオマネキ、サワガニ 昆虫類：コカゲロウ、ゲンジボタル	哺乳類：ツキノワグマ、ノウサギ 等 両生類：カスミサンショウウオ 魚 類：ムギツク、オオクチバス、アユ、メダカ等 昆虫類：ゲンジボタル 植 物：カワラノギク、チガヤ、マリモ類 等 その他：土壌微生物、サンゴ礁
結果の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ダムの存在が集団間の交流を制限する。 ・希少種や絶滅危惧種には、特に遺伝的多様性が低い種類が存在する。 ・希少生物の集団に、他の地域の個体が混入している。 ・同種であっても、遺伝的に複数の地域集団に分かれる。 ・河川毎に特異的な遺伝子型が確認されており、水系を単位とした保護が必要。 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・移植事業の事前調査として、遺伝的攪乱の分析が可能。 ・事業地の貴重種に対する保全措置の必要性を判断するための科学的根拠が得られた。 ・生物の糞から餌の特定が可能。 ・外来種等の生物種の移入経路の推定が可能。 ・外形では判別できない種の詳細な同定が可能。 等

3-2 荒川のメダカの事例の分析

(1) 事例の概要

東京都の市街地を流れる一級河川荒川の下流部は、ウォーキング、サイクリングスポーツなど、多くの住民に利用されている。国土交通省では、河川敷のゴルフ場跡地において、親水性を考慮した整備事業を検討している。一方、ゴルフ場の池にはメダカが生息しており、地域固有の貴重な個体群である可能性があるため、十分な保全対策を実施して欲しいという意見が地元住民から寄せられた。そこで、市民参加による生物調査を実施し、合わせてメダカが地域固有の個体群であるかを判定するためにDNA多型分析を実施した。

DNA多型分析の結果、事業地のメダカに特殊な遺伝子型は確認されず、東日本型と瀬戸内型の個体が混在していること、つまり、他地域から移入された種であることが明らかとなった。結果を踏まえ、メダカに対する特別な配慮措置は実施しないこととなったが、水生生物の良好な生息環境としての重要性に鑑み、可能な範囲で池などを残置する方向で事業を進めている。



写真-1 メダカの個体、現地調査の状況
(出典：足立区)

(2) 事例の考察

本事例から、DNA多型分析技術を活用するメリットとして以下の3点が考察される。

【特長1】事業の方向性の決定（意思決定）に貢献

本事例の着目すべき特長は、DNA多型分析の結果が、環境保全の方向性を決定する意思決定の場面で活用されたことである（図-5）。仮に、事業地のメダカが地域固有の集団であった場合は、その生息地に配慮した跡地利用を検討し、場合によっては、事業の実施が困難となる場合も想定される。

【特長2】目的を達成させる唯一の手段

事業地のメダカが地域固有の貴重な集団であるのかを判別する代替案として、現実的かつ短期間で実施できる手法はなく、DNA多型分析が目的を達成させる唯一の手段であったと考えられる。

【特長3】誰にでも理解しやすい答えの提示

本事例では、地元住民の関心が高いこともあり、意思決定の根拠を分かりやすく説明することが求められた。DNA多型分析の場合、その結果を分かりやすく科学的に示すことができるため、合意形成の場に提示する資料としては有効であったと考えられる。

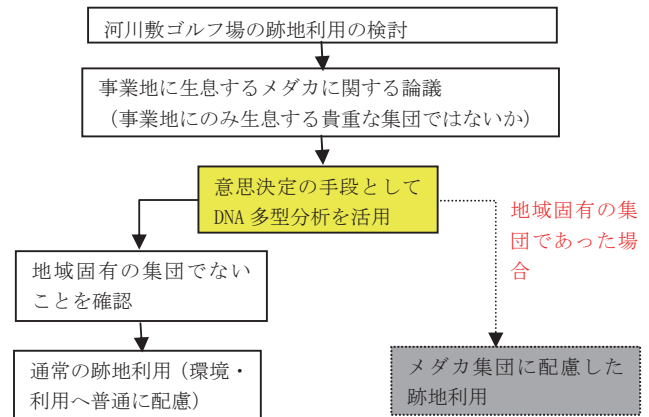


図-5 事業の流れにおけるDNA多型分析の位置づけ

3-3 安威川のムギツクの事例の分析

(1) 事例の概要

大阪府を流れる一級河川淀川水系安威川は、多様な自然環境を有する一方で、水害対策として安威川ダムの建設が進められている。ダム建設による自然環境への影響を軽減するため、「安威川ダム自然環境保全マスタープラン」を策定し、その中で希少魚類ムギツクの試験移植等の環境保全対策を実施している。ムギツクの移植を進める中で、移植先とは異なる同一水系の河川に新たな個体群が発見されたため、事業予定地周辺の個体群と新産地の個体群の遺伝的差異を分析し、移植事業継続の必要性を検討した。

DNA多型分析の結果、同一水系内の異なる河川に生息しているムギツクの個体群間に大きな遺伝的差異は認められなかった。結局、新産地の発見によって、安威川個体群の保全に対して、移植と同等の効果をもつと判断し、移植事業は中止することとなった。



写真-2 ムギツクの個体、試験移植の状況
(出典：大阪府)

(2) 事例の考察

本事例から、DNA多型分析技術を活用するメリットとして以下の2点が考察される。

【特長1】事業の方向性の決定に貢献

本事例の特徴は、DNA多型分析の結果から、ムギツクの新産地の発見によって移植事業は不要であると決定付けられたことである（図-6）。

仮に、同一水系内の個体群が遺伝的に異なる集団であった場合は、事業地の個体群の遺伝資源の保護のため、継続的な移植を実施するとともに、移植が成功し

なかった場合は、施設内飼育や精子の凍結保存などの方法を検討する必要性が生じたと考えられる。

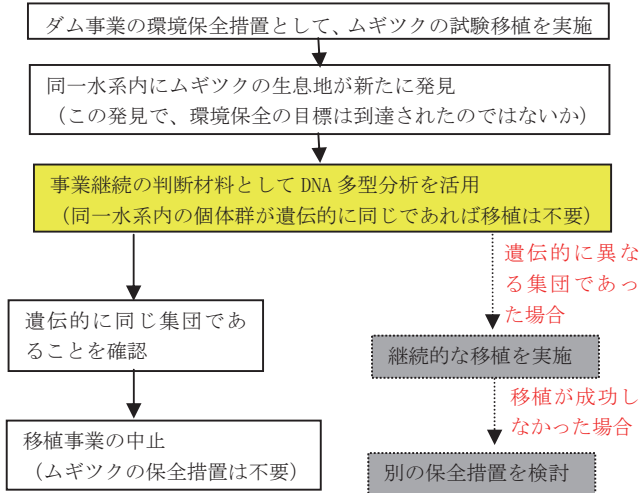


図-6 事業の流れにおける DNA 多型分析の位置づけ

【特長2】環境保全措置の精度向上

ダム事業等における環境保全措置では、希少生物種を事業予定地から周辺の類似環境へ移植させるという方法がよく用いられる。移植に際しては、移植先で定着できるのか、遺伝的な攪乱は生じないかなどの詳細な検討が必要である。本事例は、遺伝資源保護の観点からムギツクの移植の必要性について検討しており、きめ細かい環境保全措置の検討事例であったといえる。

3-4 小川原湖のマリモの事例の分析

(1) 事例の概要

小川原湖は青森県東部に位置する県内最大の湖であり、湖の東北端で一級河川高瀬川へ流出し、太平洋へと注いでいる。河川水辺の国勢調査において、小川原湖内に岩盤などに付着した「マリモ」と思われる藻類が確認された。マリモは小川原湖のような汽水湖では生育しないと考えられていたため、小川原湖で確認されたマリモ類について、DNA多型分析により詳細な同定を行うこととなった。

DNA多型分析結果から、小川原湖のマリモ類は、マリモの生育地として知られている阿寒湖のマリモと同類であることが明らかとなった。また、国内では初確認となるウィットロキエラ属が混生していることも明らかとなり、貴重な発見となった。

なお、マリモ類は、その生活様式により、着生糸状体、浮遊糸状体、集合体に大別され、調査当時に確認されたのは着生糸状体であった。以降、阿寒湖のマリモのような球状の集合体も同湖で確認されている。



写真-3 小川原湖で確認されたマリモの個体 (出典：いであ株式会社)

(2) 事例の考察

本事例から、DNA多型分析技術を活用するメリットとして以下の2点が考察される。

【特長1】同定技術の精度の向上

生物種の同定にあたっては、高い専門性が求められる上、外部形態から正確に種を特定することは困難な場合もある。本事例は、DNA多型分析を活用することで、遺伝子レベルの高い精度で同定することが可能であった。

特に生物種の分類については、DNA多型分析によって初めて明らかになる知見もある。マリモ類を例にあげても、国内各地で確認されているマリモ(マリモ、ヒेमマリモ、フジマリモ等)は、これまでそれぞれ別種とされていたが、DNA多型分析により、遺伝的に見ると「マリモ」と「タテヤママリモ」の2種類であったことが分かっている(図-7)。今後、DNA多型分析の普及により、より精度の高い生物分類が明らかになってくると考えられる。

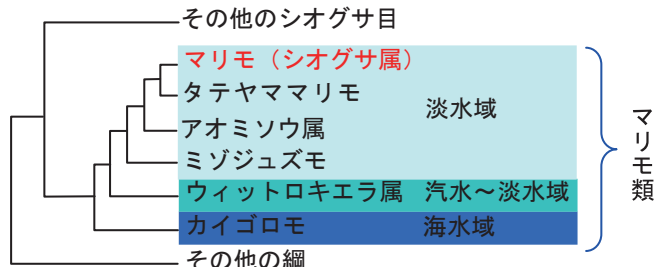


図-7 DNA 多型分析によって明らかとなったマリモ及び近縁種の系統関係

(出典：羽生田・植田、遺伝、1999.7)

【特長2】地域資源の遺伝的価値の再発見

生物種の分類はまだ未解明な部分が多く、新種(学術的に記載されていない種)が今なお発見されている状況にある。また、身近に生息・生育していると考えられる種類でも、実はその地域にしか分布していないことなど、生物学上、重要な種である場合も想定される。

本事例では、生物種を科学的に正確に同定することに加え、阿寒湖のマリモと遺伝的に同じマリモ類や国内初確認の珍しいマリモ類が発見されたことで、地域資源の遺伝的価値を再発見することができた。

4. 河川事業における DNA 多型分析技術の適用

今後の河川事業において、DNA多型分析技術を適用できる可能性について、事例から分析されたDNA多型分析技術を適用するメリットと近年の河川行政のニーズを照らして考察した。

4-1 DNA多型分析技術の適用メリット

DNA多型分析技術を適用するメリットを上述の事例等から整理すると以下の項目が考えられる。

<p>【DNA多型分析技術を適用するメリット】</p> <p>①従来の手法で得られなかった、科学的な分析に基づく客観的なデータの取得、活用の可能性</p> <p>②事業に係る調査・分析・評価の精度の向上</p> <p>③効率的・効果的な事業の実施</p>
--

DNA多型分析技術を適用することは、従来の調査では捉えられない「遺伝的多様性」や「遺伝距離」が明らかとなり、事例で示された生物種の遺伝系統の分析だけでなく、現状及び事業実施後の環境影響や事業効果等を遺伝的な観点から評価できるとともに、事業の調査・分析・評価の段階でDNA多型分析を組み込むことで、環境保全措置等の精度の向上を図ることが期待できる。調査手法や頻度、時期によって精度が左右する環境調査において、DNA多型分析はある程度のサンプル数を確保することで、一定の精度を保った客観性の高いデータを示すことができる。また、事業を実施するにあたり、DNA多型分析結果を踏まえ、環境保全の重点地区、対策の優先順位を設定したり、調査の目的によっては、流域全体を綿密に調査しなくとも、DNA多型分析を適切なポイントで実施することで、全体的な傾向を推定できるなど、効率的かつ効果

的な事業の実施に貢献できる可能性がある。

4-2 河川行政のニーズとの適合性

近年の河川行政のニーズを、「河川環境の整備・保全の取組み ―河川法改正後の取組みの検証と今後の在り方― (2008年3月 国土交通省)」から、今後の河川行政の施策事項として抽出し、各事項について、関係するDNA多型分析技術を適用するメリット(①～③)、想定される活用場面を整理した(表-2)。

今後の河川行政においては、「空間的なつながりの再生、強化」や「長期的視点での事後調査や保全措置の検討」といった時空間的なつながりの把握・評価をポイントに掲げている。そこで、DNA多型分析技術を適用することで、従来の調査では把握することが困難な、生物種の空間的な交流や長期的な存続の可能性について、評価の精度を上げることができる。これは、多自然川づくりや自然再生等の河川事業全般(特に、生物環境の保全に重点を置いている事業への適合性が高い)において、事業効果の評価や事業方針の検討(事業重点地区の設定等)に活用できると考えられる。

また、「河川環境の目標像の明確化」や「河川の生物、利用等に関する総合的な水辺データベースの整備」のポイントからは、遺伝的多様性の観点からの新たな環境目標の設定や、水辺の国勢調査等と連携したDNA多型分析の実施による、国土レベルの遺伝系統の総合的な解析、分類・同定技術等への反映を狙った遺伝子情報のデータベース化等が考えられる。

以上のことから、河川行政のニーズとDNA多型分析技術の適用メリットは適合すると考えられ、今後河川事業の多様な場面での活用が期待できる。

表-2 河川行政ニーズとDNA多型分析技術の適用の可能性

河川行政のニーズ (今後の河川行政の施策事項)	DNA多型分析技術 の適用メリット			DNA多型分析技術の適用の可能性 (想定される活用場面)
	①	②	③	
・自然再生の重点的な実施	◎	◎	◎	・遺伝的多様性・遺伝交流から見た保全対象種の健全性の評価 ・事業方針(事業重点地区、保全対象個体群等の設定)の検討
・外来種対策等による良好な河川生態系の維持	◎	◎	◎	・対策対象種の移入・繁殖特性等の評価 ・事業方針(対策優先地区の設定)の検討
・生態系のネットワークづくり	◎	◎	◎	・遺伝交流から見た生態系の連続性の評価、食物連鎖の把握 ・事業方針(保全・改善地区の設定)の検討
・多自然川づくりの戦略的推進	○	○		・遺伝的多様性から見た生物環境の健全性の評価
・流況改善への積極的な取組み	○	○		・魚類、底生生物等の遺伝的多様性から見た流況の健全性の評価
・河川の生物、利用等に関する総合的な水辺データベースの整備	◎	◎		・遺伝子情報のデータベース化による国土レベルの遺伝的多様度・ 遺伝系統の総合的な解析 ・分類・同定技術の精度の向上
・河川環境の目標像の明確化	○			・環境目標設定・定量化 ・地域生物種の遺伝的価値の発見

◎：DNA多型分析技術のメリットとの適合性が高い、○：適合性がある

5. 多摩川のハリエンジュの遺伝的基礎調査

ハリエンジュやアレチウリのような外来植物は、河川敷に繁茂することで、洪水流の流下阻害となるだけでなく、本来その地域で生育していた在来植物を駆逐し生態系に影響を与えるため、その対策は河川行政の重要な施策の一つとなっている。

そこで、DNA多型分析による外来種対策の可能性について基礎情報を得るため、多摩川河川敷のハリエンジュを対象とした基礎調査を行った。

5-1 DNA多型分析による外来種対策の考え方

ハリエンジュは繁殖力が強く、現状で有効な対策法が確立されていないため、広大な分布域に対して伐採・抜根で除去しようとした場合、多くの人員、時間、コストを要する上に、対策後に新たな種子が供給されることで対策効果が得られない可能性がある。よって、流域内のハリエンジュの分布・拡大特性を把握した上で、効果的・効率的な対策を講じる必要がある。

事例で見られるように、DNA多型分析を用いることで、個体群の繁殖形態（種子・花粉・根由来等）やどの場所からの移入によるものなのか（発生起源）を推定することができる。その結果を踏まえ、例えば、下流への主な種子供給源となっている上流地域を対策重点地区とし、逆に他地域との遺伝交流（種子供給）がなく、クローン繁殖の多い遺伝的多様性が小さい地域に対しては対策の優先度を低くするなど、効果的・効率的な対策方針を検討する際の参考となる可能性がある（図-8）。

5-2 調査の概要

多摩川51.8k～53.3kに位置する永田地区は、河川生態学術研究の多摩川グループの研究サイトの一つとなっている一方で、河川敷の樹林化が進んでおり、特にハリエンジュの分布範囲は年々拡大している。

本調査は、DNA多型分析技術の活用によって、多摩川のハリエンジュの分布・拡大特性を明らかにする

ための基礎調査として、永田地区とその上下流地区に生育しているハリエンジュの遺伝的多様性から、繁殖形態や遺伝交流の有無が確認できるか分析を行った。

永田地区を含む調査地区は、航空写真及び植生図からまとまったハリエンジュ群落を確認できること、永田地区から距離が離れ過ぎないこと、調査のためのアクセスが良いことを踏まえ、以下の地区を選定した。



写真-4 多摩川河川敷のハリエンジュ

調査地区（図-9）

- ①上流地区：羽村堰上流（54.0k）
- ②永田地区（52.4k）
- ③下流地区：中央線多摩川橋梁（41.4k）

各調査地区でハリエンジュの個体（葉）を30～50サンプル程度採取し、DNA多型分析を行った。DNA多型分析は、マイクロサテライトマーカーによる手法で実施した。マイクロサテライトは、マイクロサテライト領域（遺伝子内の同じ塩基配列が繰り返されている領域）の塩基配列の繰り返し回数の違いからDNA多型を検出する方法で、検出感度の高い手法として一般に用いられている。DNA多型分析は、東北大学大学院の大村達夫教授の協力を得て実施した。

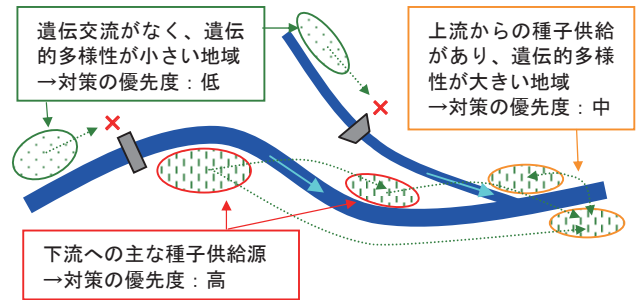


図-8 DNA多型分析を活用した外来植物対策方針イメージ

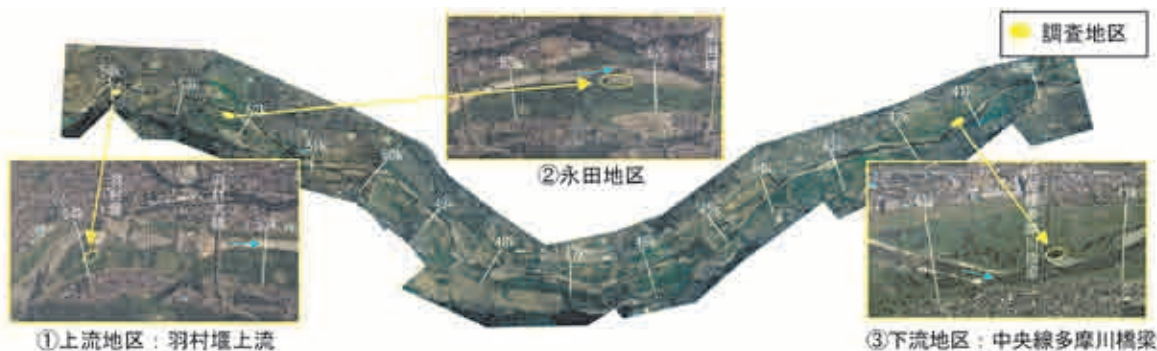


図-9 現地調査（ハリエンジュサンプル採取）位置図

5-3 分析結果

DNA多型分析結果から、地区間と個体間の遺伝距離を求め、遺伝交流の地域構造を分析した。地区間の遺伝距離は、上流地区-永田地区間に比べて、永田地区-下流地区間の方が小さい(遺伝交流が強い)結果が得られた。永田地区からの距離は上流地区の方が近いが、上流地区のハリエンジュ群落は永田地区や下流地区に比べると規模が小さく、その直下流には羽村堰、床止群が連続して設置されているため、上流地区由来の種子供給が少ないなど、交流が弱い可能性が考えられる。また、各地区内で、個体間の遺伝子型が全く同じ個体群(遺伝距離が0)が見られ、ハリエンジュがクローン成長(水平根による萌芽・増殖等)し、分布域を拡大していることが伺われた。なお、地区を越えてクローンが侵入している傾向は検出されなかった。

更に、各個体の発生活起源を分析するため、割当検定(アサインメントテスト)を行った。割当検定とは、集団毎、遺伝子座毎の対立遺伝子の出現頻度から、ある個体の遺伝子型が最も高い確率で生じる集団を、その個体の発生活起源の集団として割当て分析である。割当検定の結果(図-10)から、各地区の個体群の多く(上流地区14/23個体、永田地区26/37個体、下流地区17/26個体)が、その地区で発生した種子等を起源とする個体である可能性が高いと推定された。また、どの地区も、他の地区を発生活起源とする個体である可能性のある個体が存在しており、種子や花粉を介した上下流の遺伝交流があると推定された。なお、本調査では、サンプル採取を行った3地区のみで試験的な割当検定を行っているため、個体の発生活起源の推定精度を上げるには、調査箇所、サンプル数を十分に確保したより詳細な調査が必要である。

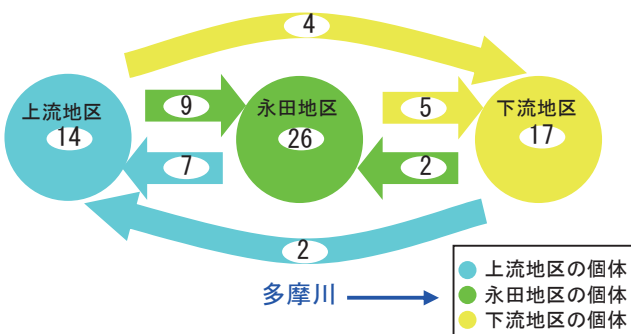


図-10 割当検定の結果(個体発生活起源の推定)

6. おわりに

本研究では、DNA多型分析技術の河川事業への適用に向けて、河川で実施された事例を収集・分析した結果、現行において、河川事業の一環でDNA多型分

析を実施している事例があること、それらの事例を踏まえると、近年の河川行政のニーズに対してDNA多型分析技術が適用できる可能性があることを示した。また、多摩川河川敷のハリエンジュを対象としたDNA多型分析を行い、ハリエンジュの繁殖特性である上下流の種子等の侵入やクローン繁殖の有無を推定することができ、DNA多型分析技術による外来種対策の可能性に関する基礎情報が得られた。

今後も、DNA多型分析技術の河川環境事業への普及に向けた基礎情報を得るため、遺伝的多様性と物理環境(流況変動や河岸形状、水質等)の関係等の継続的な研究を進めていく。

本研究を行うにあたり、ご指導、ご協力をいただいた東北大学大学院工学研究科の大村達夫教授、八重樫咲子氏、鈴木祥一氏、並びにDNA多型分析応用技術研究会の皆様には謝意の意を表します。

<参考文献>

- 1) 国土交通省：河川環境の整備・保全の取組み 河川法改正後の取組みの検証と今後の在り方，2008
- 2) 足立区，株式会社地域環境計画：鹿浜橋緑地(都民ゴルフ場)生物調査委託 報告書，2007
- 3) 大阪府：安威川ダム自然環境保全マスタープラン，2005
- 4) 大阪府安威川ダム建設事務所，大阪府環境農林水産総合研究所 水生生物センター：平成14年度安威川ダム魚類補足調査業務委託 報告書，2003
- 5) 高瀬川河川事務所，いであ株式会社：平成13年度高瀬川・小川原湖河川水辺の国勢調査(植物調査・河川調査)業務 マリモ調査編 報告書，2002
- 6) 高瀬川河川事務所，いであ株式会社：平成15年度高瀬川・小川原湖河川水辺の国勢調査業務 小川原湖産 *Wittrockiella* 属藻類同定調査編 報告書，2004
- 7) 外来種影響・対策研究会：河川における外来種対策の考え方とその事例 改訂版，2008
- 8) 高橋，皆川：毎木調査と多時期植生図GISデータによる侵略的外来種ハリエンジュの植生変遷解析，水工学論文集 第51巻，2007
- 9) 崎尾均編：ニセアカシアの生態学 外来種の歴史・利用・生態とその管理，2009
- 10) 財団法人リバーフロント整備センター：水生昆虫のDNA多型分析技術の河川環境整備への活用，2006