

Abstract of thesis presented to the Senate of Universiti Malaysia Terengganu in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy

New Insight of Migratory Habitat of Japanese Eel, *Anguilla Japonica*, by Re-investigation of Otolith Sr:Ca Ratios

AYA OGAWA

JUNE 2021

Main Supervisor : Associate Professor Rumeida Mat Piah, PhD

Co-Supervisor : Professor Mazlan Abd Ghaffar, PhD

Professor Takaomi Arai, PhD

School/Institute : Institute of Oceanography and Environment

Otolith microchemistry is utilised in ecological research of teleost fish due to otolith's ability to record water temperature or salinity chronologically. The categorisation of migration history of freshwater eel, *Anguilla japonica*, was proposed in 2001, using average otolith Sr:Ca ratio during growth phase. This categorisation made a great breakthrough, but accumulation of the ecological aspects showed some problems and should not be applicable to yellow eels in growth phase and difficult to separate various shifters from estuarine resident type. Additionally, sexual difference of migration history had not yet discussed. This study aims to reveal the relationships between the otolith Sr:Ca ratio and sex of fish, and to re-validate the otolith Sr:Ca ratio indexes for freshwater, brackishwater and seawater, revisit the migration histories that were previously categorised by visual observation of line transects plots and to propose a new categorisation regime based on the revalidated index of habitat use. In this study, the average otolith strontium:calcium ratio of each year of 110 samples captured in the coastal regions in Japan were analysed where the freshwater eel migration patterns

were divided into three resident migration types: freshwater consistent, brackishwater consistent, and seawater consistent, and two migrant types: “seaward shifter” which shifting habitat one time from freshwater to seawater and “transients” which repeatedly shifting habitat between freshwater and seawater. The seaward shifter was started to leave earlier habitat in freshwater area at second year to third year, and majority will settle to later habitat after four years old. To confirm the reliability of new migration categorisation, migration history of 620 eels were examined and successfully detect seaward shifters and transient. Furthermore, “freshwater shifter” which stays in seawater area as earlier habitat and shift to freshwater area as later habitat occurred among first 110 eels. Among 620 eels, the most abundant migration type was seaward shifter (57.6 %), and typical catadromous freshwater consistent was secondly abundant (16.1%). Taken together, new migration categorisation is reliable for a better understanding of migration behaviour of freshwater eels and revealed that seaward shifter is likely to contribute most to the next generation.

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Malaysia Terengganu sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Doktor Falsafah

**Pemahaman baharu mengenai habitat migrasi belut Jepun, *Anguilla japonica*
dengan pengesanan semula nisbah Sr:Ca otolit ratios**

AYA OGAWA

JUN 2021

Penyelia : Profesor Madya Rumeaida Mat Piah, PhD

Penyelia Bersama : Profesor Mazlan Ahd Ghaffar, PhD

Profesor Takaomi Arai, PhD

Pusat Pengajian/Institut : Institut Oseanografi dan Sekitaran

Mikrokimia otolit digunakan dalam penyelidikan ekologi ikan teleost kerana kemampuan otolit untuk merekodkan suhu air atau kemasinan secara kronologi. Pengkategorian sejarah migrasi belut air tawar, *Anguilla japonica*, dicadangkan pada tahun 2001, menggunakan nisbah otolit Sr:Ca semasa fasa tumbesaran. Pengkategorian ini membuat kemajuan besar, tetapi pengumpulan aspek ekologi menunjukkan beberapa masalah dan tidak boleh berlaku untuk belut kuning dalam fasa pertumbuhan dan sukar untuk memisahkan pelbagai peralihan habitat dari jenis residen muara. Selain itu, perbezaan seksual mengenai sejarah penghijrahan belum dibincangkan. Kajian ini bertujuan untuk mendedahkan hubungan antara nisbah otolit Sr:Ca dan jantina ikan, dan mengesahkan semula indeks nisbah otolit Sr:Ca untuk air tawar, air payau dan air laut, meninjau kembali sejarah migrasi yang sebelumnya dikategorikan melalui pemerhatian visual terhadap plot garis melintang dan mencadangkan pengkategorian baru berdasarkan indeks penggunaan habitat yang disahkan semula. Dalam kajian ini, nisbah strontium:kalsium otolit setiap tahun (= indeks tahunan) bagi sampel ($n = 110$) yang ditangkap di kawasan pesisir di Jepun dianalisis di mana corak migrasi belut air tawar dibahagikan kepada tiga jenis migrasi

residen: Air tawar konsisten, air payau konsisten, dan air laut konsisten, dan dua jenis migran: peralihan laut, yang beralih habitat dari air tawar ke air laut dan transien, yang berulang kali beralih habitat di antara air tawar dan air laut. Peralihan laut akan mulai meninggalkan habitat sebelumnya di kawasan air tawar pada tahun kedua hingga tahun ketiga, dan majoriti akan menetap di habitat kemudian setelah berusia empat tahun. Untuk mengesahkan kebolehpercayaan pengkategorian migrasi baru, sejarah migrasi 620 belut telah diperiksa dan berjaya mengesan migran laut dan sementara. Selanjutnya, "peralihan air tawar " yang tinggal di kawasan air laut sebagai habitat awal dan beralih ke kawasan air tawar sebagai habitat kemudiannya terjadi di antara 110 belut pertama. Di antara 620 belut, jenis penghijrahan yang paling banyak adalah peralihan laut, dan ini terdiri daripada 57.6% belut dan air tawar katadrom yang konsisten adalah kedua paling banyak, terdiri daripada 16.1%. Secara keseluruhan, pengkategorian migrasi baru boleh dipercayai untuk pemahaman yang lebih baik mengenai tingkah laku penghijrahan belut air tawar dan mendedahkan bahawa peralihan laut cenderung menyumbang paling banyak kepada generasi berikutnya.