บทที่ 2
ผลกระทบสะสมเกี่ยวกับปลาแซลมอนในแม่น้ำโคลัมเบีย

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นทั่วโลกแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการพัฒนาต่างๆ อาจมีผลสะสมจนกลายเป็นปัญหาใหม่ที่ไม่คาดคิดมาก่อน อุณหภูมิบนโลกที่สูงขึ้นและการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพทั่วโลกจากการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนไปล้วนเป็นเครื่องแสดงถึงผลกระทบสะสมนานหลายทศวรรษ ผลกระทบสะสมอาจอยู่ในระดับโครงการก็ได้ เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาผลกระทบสะสมในที่นี้จึงเสนอกรณีตัวอย่างของผลกระทบหลายชนิดจากหลายโครงการรวมกันกลายเป็นผลกระทบสะสมหลายเขตการปกครอง

ตัวอย่างนี้เป็นกรณีลุ่มแม่น้ำโคลัมเบียทางภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา ปัญหาผลกระทบสะสมเกิดเนื่องจากการสร้างเขื่อนกั้นแม่น้ำสายใหญ่หลายสายเพื่อผลิตไฟฟ้า เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เนื่องจากระบบน้ำจืดนั้นสัมพันธ์กับวัฏจักรทางอุทกวิทยา การระบุต้นกำเนิดและผลกระทบที่ติดตามมาจึงง่ายกว่ากรณีอื่น แต่ก็มีประเด็นที่อาจจะยากในการตีค่าสิทธิ์การใช้น้ำ และประเด็นซับซ้อนจากการจัดการทรัพยากรน้ำที่ไหลข้ามเขตแดนการปกครอง

กรณีแม่น้ำโคลัมเบียอาจคล้ายกับกรณีประเทศที่อยู่ริมฝั่งในลุ่มแม่น้ำโขง การจับปลาซึ่งเป็นทั้งการค้าและวัฒนธรรมได้รับผลกระทบมากจากการสร้างเขื่อนหลายแห่งในแม่น้ำโคลัมเบียและแม่น้ำสาขา ปลาแซลมอนเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศและของสังคมในพื้นที่แปซิฟิคตะวันตกเฉียงเหนือ แต่ต้องถูกทำลายหมดสิ้นจากผลกระทบสะสมของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำตลอด 100 ปีที่ผ่านมา บทเรียนจากตัวอย่างนี้อาจช่วยให้เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อมในลุ่มแม่น้ำโขงได้มองเห็นและ พยายามไม่ให้เกิดผลกระทบเช่นนี้ขึ้นในแม่น้ำโขง

ขอบเขตของปัญหา

กิจกรรมทางเศรษฐกิจทุกอย่างที่ต้องใช้ทรัพยากรขั้นปฐมภูมิ (เช่น น้ำสะอาด ปลา ผลผลิตการเกษตร ไม้ ปิโตรเลียม) หรือขั้นทุติยภูมิ (เช่น ไฟฟ้า การขนส่ง การพัฒนาอุตสาหกรรม) ล้วนแล้วแต่เกิดขึ้นในระบบนิเวศที่มีการทำงานซับซ้อน หมายถึงผลกระทบจากการพัฒนาย่อมซับซ้อนไปด้วย ผลกระทบสืบเนื่องจากกิจกรรมหนึ่ง อาจเชื่อมโยงกับกิจกรรมอื่นที่เกี่ยวข้องโดยที่เราไม่รู้ และผลกระทบจากแต่ละโครงการก็อาจสะสมกันได้โดยคาดไม่ถึง

ส่วนใหญ่แล้วเรายังมีความรู้ไม่มากพอเกี่ยวกับการทำงานของระบบนิเวศ ข้อมูลที่มีอยู่จำกัดและไม่อาจวัดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ (เช่น การอยู่รอดของปลาในมหาสมุทร) และทฤษฎีก็มีจำกัดเช่นกัน การสังเกตการณ์ที่เชื่อถือได้ก็มีอยู่น้อย ในขณะที่ผลกระทบจากมนุษย์มีมากมายและไม่เคยมีตัวอย่างปรากฏมาก่อนในประวัติศาสตร์ของธรรมชาติ จึงทำให้ไม่มีความชัดเจนว่าจะอาศัยทฤษฎีใดมาพยากรณ์ผลกระทบ

การพยากรณ์ผลกระทบสะสมต้องการช่วงเวลาที่ยาว เช่น กรณีปลาแซลมอนต้องพยากรณ์ในช่วงเวลาห้าปีอย่างต่ำและในแง่พื้นที่ก็อาจต้องครอบคลุมหลายประเทศ และจะต้องพยายามมองหาผลกระทบที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อน

กลุ่มที่สนับสนุนโครงการ หน่วยงานของรัฐ และกลุ่มประชาชนผู้สนใจ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับปัญหาผลกระทบสะสมแสดงให้เห็นว่ามีความจำเป็นที่จะต้องมีการเผยแพร่ข้อมูล การมีส่วนร่วมตัดสินใจ และการสร้างประชามติ

อะไรคือปัญหา

ปลาแซลมอนทุกชนิดพันธุ์ในแม่น้ำโคลัมเบียลดจำนวนลงจาก 16 ล้านตัว เหลือแค่ 2 ล้านตัว และใกล้สูญพันธุ์ราวทศวรรษ 1920 รูปที่ 1 แสดงการลดจำนวนลงของปลาแซลมอนชีนุค (Chinook) ในรอบ 100 ปี รวมทั้งการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่ “สะสม” มากขึ้น

นี่คือปัญหาผลกระทบสะสมหรือไม่

คำตอบคือ ใช่ และมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียเช่นนี้

ปัญหานี้สำคัญหรือไม่

ปลาแซลมอนเป็นทรัพยากรสำคัญในแถบฝั่งทะเลแปซิฟิคของอเมริกาเหนือเพราะ

- เป็นแหล่งอาหารสำคัญชนิดหนึ่งในภูมิภาคและของโลก
- แซลมอนอพยพผ่านแม่น้ำและมหาสมุทรเป็นระยะทางหลายพันกิโลเมตร มันจึงกลายเป็นตัวชี้วัดที่ดีถึงสภาพสิ่งแวดล้อมตามแหล่งอาศัยต่าง ๆ เหล่านั้น

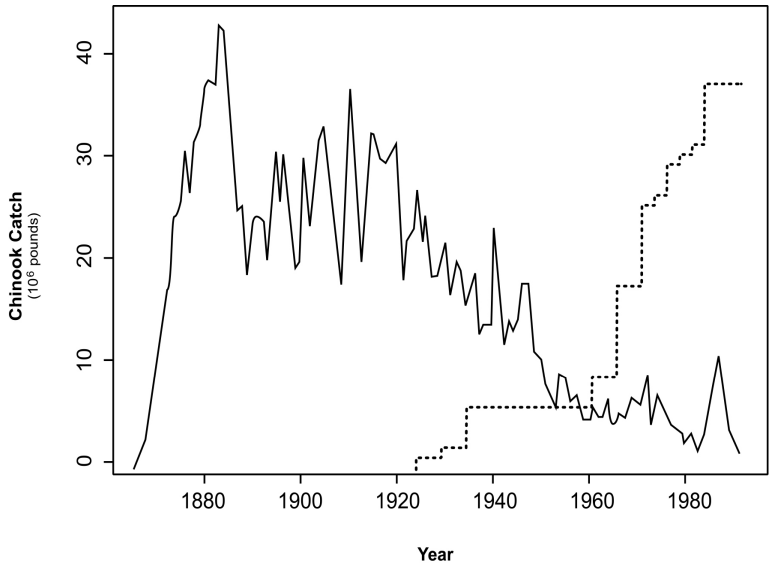
- มีวัฒนธรรมที่สร้างสัมพันธ์ระหว่างคนกับปลาแซลมอนอย่างแน่นแฟ้น
- การจัดการปลาแซลมอนเป็นเรื่องอ่อนไหวทางการเมืองในระดับท้องถิ่นและระดับระหว่างประเทศ

เหตุใดจึงศึกษาปัญหานี้โดยเฉพาะ

มีข้อมูลเชิงประวัติศาสตร์ของปลาแซลมอนในแม่น้ำโคลัมเบียอยู่ค่อนข้างมากแล้ว การศึกษาผลกระทบสะสมที่มีต่อประชากรปลาแซลมอนอาจช่วยให้เราได้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบอื่น ๆ ที่ยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จักมากขึ้น

ประวัติศาสตร์ลุ่มแม่น้ำโคลัมเบียโดยย่อ

แม่น้ำโคลัมเบียใหญ่เป็นอันดับที่ 4 ของทวีปอเมริกาเหนือ มีความยาว 1,900 กิโลเมตร ผ่านสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ถ้ารวมแม่น้ำสาขาด้วยจะมีความยาวเพิ่มอีกหลายพันกิโลเมตร ในอดีตนับเป็นแหล่งปลาแซลมอนที่ใหญ่ที่สุดเพียงแห่งเดียวของฝั่งทะเลตะวันตกในทวีปอเมริกาเหนือ และเคยเป็นแหล่งทรัพยากรอื่นๆ ในลุ่มน้ำเช่นสัตว์ป่า ไม้ซุง ทองคำ และเฟอร์



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนปลาแซลมอนชีนุคที่ลดลงกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่เพิ่มขึ้น

การพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วในระยะร้อยปีที่ผ่านมาทำให้มีการสร้างเขื่อนผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ 19 แห่ง เขื่อนขนาดรองลงมาอีก 9 แห่ง และโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก 60 แห่ง ในแม่น้ำโคลัมเบีย จนกลายเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังน้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลก ลุ่มแม่น้ำโคลัมเบียเปลี่ยนสภาพเป็นพื้นที่การเกษตรขนาด 1.2 ล้านเฮคแตร์ จากการใช้น้ำชลประทานที่มาจากแม่น้ำ

ผลจากการพัฒนานี้พบว่าระบบนิเวศ “โคลัมเบีย” ที่ได้รับการจัดการ (เช่น พื้นที่เก็บกักน้ำ พื้นที่การเกษตร ป่าไม้ พื้นที่ชลประทาน) มีพื้นที่รวมซึ่งมีขนาดกว้างใหญ่พอกับประเทศฝรั่งเศส

ปัจจุบันมีประชากรอยู่ในลุ่มน้ำนี้เพิ่มขึ้นจากเดิม 100 เท่า ทำให้เกิดคำถามว่าการพัฒนานี้จะยังทำให้มีความยั่งยืนเชิงนิเวศวิทยาอยู่หรือไม่

การสร้างเขื่อนในแม่น้ำโคลัมเบียเกิดขึ้นบนฐานความคิดที่จะใช้ทรัพยากรให้ได้ผลตอบแทนอัตราสูงสุด กิจกรรมการพัฒนาได้ส่งผลกระทบต่อฝูงปลาแซลมอนในแม่น้ำโคลัมเบียดังจะกล่าวถึงต่อไป

เขื่อนผลิตไฟฟ้า

เขื่อนหลายแห่งสร้างขึ้นก่อนที่จะมีการบังคับให้ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลกระทบที่สำคัญก็คือ ลูกปลาแซลมอนที่จะว่ายออกสู่ทะเลเป็นครั้งแรกถูกฆ่าตายในเครื่องเทอร์ไบน์ ส่วนปลาที่โตแล้วติดอยู่ตามที่ดักขยะและกลับลงทะเลไม่ได้ (มีปลาที่โตแล้วตายปีละ 5-11 ล้านตัว) ปลาต้องว่ายผ่านเขื่อนถึงแปดแห่งกว่าจะถึงบริเวณที่วางไข่ของมัน ผลกระทบรองลงมาคือ การเกิดน้ำท่วมแหล่งวางไข่ของปลา การเปลี่ยนแปลงเชิงอุทกทำให้ปลาอพยพได้ช้าลง (และตกเป็นเหยื่อของสัตว์อื่นได้ง่าย) ผลกระทบลำดับที่สามคือ มีการพัฒนาอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมมากขึ้น ทำให้มีคนเข้ามาอยู่ในพื้นที่มากขึ้น ทั้งหมดนี้มีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการมีไฟฟ้าใช้ในราคาถูก

ความเป็นเมืองและการเกิดอุตสาหกรรม

ผลกระทบขั้นปฐมภูมิคือ ทำให้น้ำทางบริเวณท้ายน้ำมีคุณภาพต่ำลงจากภาวะมลพิษ (เช่นมีการทิ้งน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษ) และมีน้ำไหลผ่านน้อยลงเพราะนำไปใช้สำหรับการชลประทาน ผลกระทบขั้นที่สองคือ ทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนไปและเกิดการตกตะกอนเนื่องจากสูญเสียป่าที่ปกคลุมดิน และมีการทำเหมืองทองคำซึ่งทำให้แหล่งแพร่พันธุ์ปลาถูกทำลาย

เกษตรกรรม

ผลกระทบจากเกษตรกรรมก็คือ ปลาทั้งขนาดเล็กและที่โตเต็มที่แล้วหลุดเข้าไปในคลองส่งน้ำชลประทาน ทำให้มันย้ายถิ่นไม่ได้ และต้องอยู่ในแหล่งอาศัยที่ไม่เหมาะสม ผลกระทบรองลงไปคือ การใช้น้ำทำให้ระดับน้ำลดลงช่วงที่ปลาย้ายถิ่นมากที่สุด แหล่งแพร่พันธุ์ถูกดินตะกอนทับถม และการสูญเสียป่า

การป้องกันน้ำท่วม

มีผลทำให้กระแสน้ำในฤดูใบไม้ผลิ และฤดูใบไม้ร่วงลดลงจนไม่พอเพียงที่จะช่วยพัดพาให้ปลาแซลมอนว่ายพ้นสิ่งกีดขวางไปได้ การต่อเชื่อมระบบระบายน้ำก็ทำให้มีปลาต่างถิ่นเข้ามาอยู่ด้วย

การขุดลอกแม่น้ำ

การขุดลอกร่องน้ำมีผลกระทบทางอ้อมต่อปลาแซลมอนทำให้แหล่งอาหารของมันหมดไป และทำลายพื้นที่วางไข่บริเวณชวากทะเลของลุ่มน้ำ

นันทนาการ

ผลกระทบขั้นปฐมภูมิได้แก่การสูญเสียแหล่งอาศัยของปลาในวัยเติบโต อันเนื่องมาจากการการสร้างบ้านพักฤดูร้อน รวมทั้งกิจกรรมการตกปลาชนิดที่ใกล้สูญพันธุ์

การจับปลา

มีผลกระทบโดยตรงคือทำให้ปลาที่โตเต็มที่แล้วเหลือกลับมาวางไข่น้อยลง มีการจับปลาเชิงพาณิชย์จำนวนมากและเป็นการยากที่จะควบคุมเรือประมงในมหาสมุทร

พัฒนาการของลุ่มแม่น้ำโคลัมเบีย

คศ.1860-1900 ชาวยุโรปเข้ามาจับปลาโดยไม่มีการควบคุม ในปี คศ.1890 ปรากฏว่ามีโรงงานปลากระป๋องอยู่ทั่วลุ่มแม่น้ำโคลัมเบีย และริมอ่าว เกิดเป็นอุตสาหกรรมมูลค่านับล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา

คศ.1900-ปัจจุบัน มีการออกกฎหมายมากขึ้นเพื่อควบคุมการจับปลาและการอนุรักษ์ การออกกฎหมายยังกระทำเรื่อยมาถึงปัจจุบันรวมทั้งกฎหมายระหว่างประเทศด้วย (เช่นสนธิสัญญาแซลมอนแคนาดา – สหรัฐอเมริกา คศ.1985)

คศ.1902 กฎหมายฟื้นฟูที่ดินของสหรัฐอเมริกามอบสิทธิการใช้น้ำเพื่อการเกษตรให้ผู้ที่ครอบครองที่ดินในลุ่มแม่น้ำโคลัมเบีย

คศ.1902-ทศวรรษ 1950 เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างกว้างขวาง จากการทำปศุสัตว์และพื้นที่ป่ากลายเป็นพื้นที่การเพาะปลูกและมีการใช้ระบบชลประทาน

คศ.1935-1986 มีการสร้างเขื่อนผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ (28 แห่ง) และมีการสร้างเขื่อนป้องกันน้ำท่วมเพิ่มอีกมากกว่า 60 แห่ง

คศ.1968-1982 เพิ่มเทอร์ไบน์ตามเขื่อนต่าง ๆ เพื่อผลิตไฟฟ้าเพิ่มอีกร้อยละ 50

คศ.1980 ออกกฎหมายการผลิตไฟฟ้าและการอนุรักษ์แปซิฟิคตะวันตกเฉียงเหนือ เพื่อบรรเทาผลกระทบจากการสร้างเขื่อนในแม่น้ำโคลัมเบียและเพื่อคุ้มครองและเพิ่มประชากรของปลาและสัตว์ป่า

คศ.1980-ปัจจุบัน ใช้มาตรการลดการสูญเสียลูกปลาและปลาที่โตแล้ว ด้วยงบประมาณปีละ 100 ล้านเหรียญสหรัฐอเมริกา

คศ.1992 ปลาแซลมอนชีนุค (Snake River chinook) เป็นแซลมอนพันธุ์แรกที่ได้รับการประกาศเป็นสัตว์ใกล้สูญพันธุ์ตามกฎหมาย

ผลกระทบสะสมจากการพัฒนา

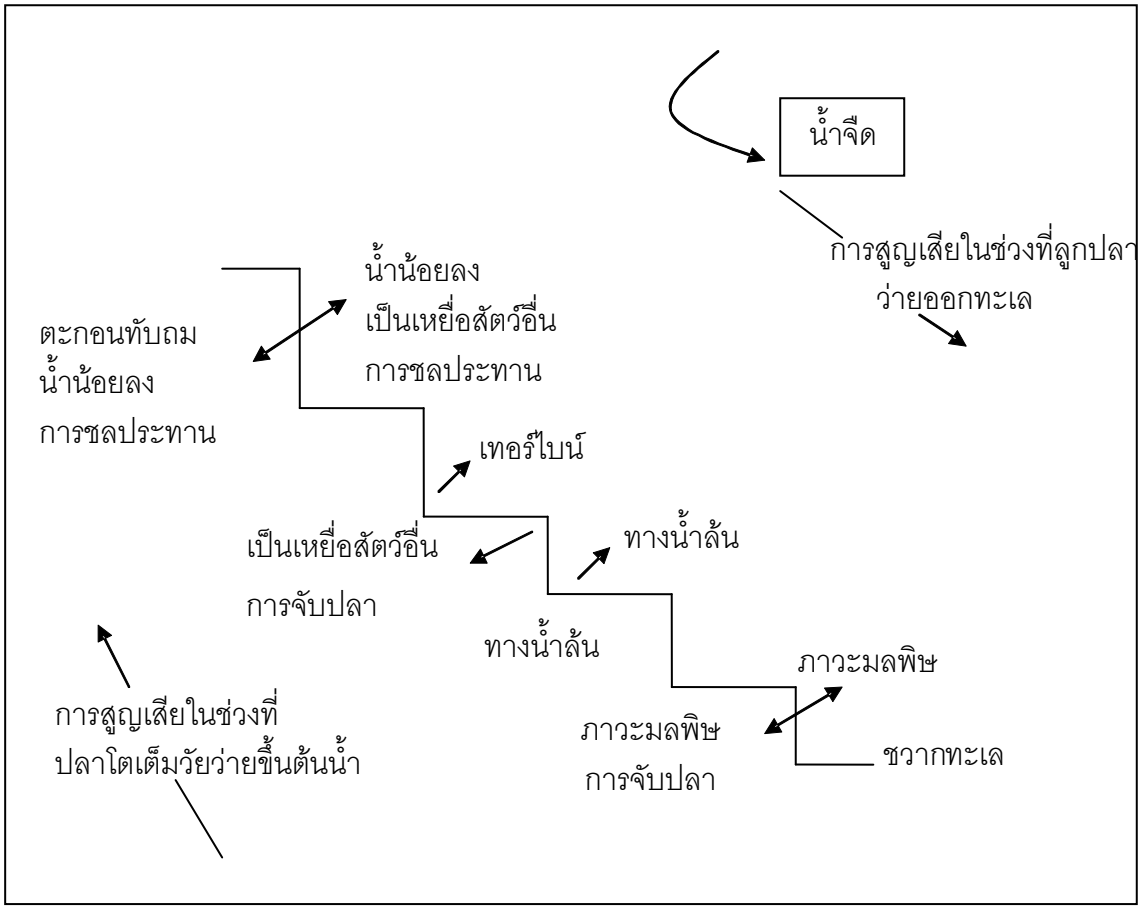
กิจกรรมการพัฒนาดังกล่าวมาล้วนมีผลกระทบรุนแรงต่อแม่น้ำโคลัมเบียและแต่ละโครงการที่เกิดขึ้นใหม่จะส่งผลกระทบมากกว่าหนึ่งอย่าง ผลกระทบบางอย่างก็วัดได้ยาก ผลกระทบที่สำคัญเกิดจากเขื่อนที่กั้นลุ่มน้ำตอนบนและการเกิดตะกอนทับถมในส่วนลุ่มน้ำตอนล่าง ปริมาณน้ำลดน้อยลง อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น (ดูรูปที่ 2) ปลาที่อพยพมาจะตายมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและวงจรความชุกชุมของปลาแซลมอน ผลกระทบในบริเวณน้ำจืดและน้ำเค็มจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

ผลกระทบสะสมในบริเวณน้ำจืด

ผลกระทบในช่วงปลาอพยพขึ้นไปทางเหนือน้ำ (คือปลาที่โตเต็มที่แล้วกลับเข้ามาวางไข่) มีดังนี้

- การจับปลาบริเวณชวากทะเลทำให้ปลาลดจำนวนลง
- ภาวะมลพิษทำให้แหล่งวางไข่และเลี้ยงลูกปลาทางบริเวณท้ายน้ำเสียหาย
- การขุดลอกและการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกทางอุตสาหกรรมทำให้แหล่งอาศัยของปลาหมดไป
- ความสูญเสียเนื่องจากภาวะก๊าซอิ่มตัวมาจากทางระบายน้ำล้นของเขื่อน
- ความสูญเสียเนื่องจากปลาผ่านเขื่อนไปไม่ได้ (ขึ้นอยู่กับระดับน้ำด้วย)
- ความสูญเสียจากการจับปลาในอ่างเก็บน้ำ
- ความสูญเสียจากการถูกสัตว์อื่นกิน

รูปที่ 2 ผลกระทบสะสมต่อปลาแซลมอนเนื่องจากการพัฒนา



ผลกระทบขณะลูกปลาว่ายออกทะเลมีดังนี้

- น้ำถูกนำไปใช้ในการชลประทาน และผลิตไฟฟ้าทำให้แหล่งวางไข่ถูกทำลายและลูกปลาสูญหายไปในคลองชลประทาน
- ปริมาณน้ำแปรปรวน (น้ำน้อยลงในฤดูใบไม้ผลิ) ทำให้ลูกปลาตกค้างอยู่นานขึ้นและถูกสัตว์อื่นกินมากขึ้น
- ความขุ่นของน้ำลดลงทำให้สัตว์อื่นมองเห็นปลาแซลมอนง่ายขึ้น
- ลูกปลาติดอยู่ตามเศษขยะและตายในเครื่องเทอร์ไบน์ (ลูกปลาตายร้อยละ 30 ในแต่ละเขื่อน)
- ปลาตายในทางน้ำล้นจากการเกิดก๊าซจนอิ่มตัวและอุณหภูมิเปลี่ยนฉับพลัน
- การสูญเสียจากภาวะมลพิษอุตสาหกรรม

ผลกระทบสะสมในมหาสมุทร

ปลาแซลมอนต้องการแหล่งอาศัยเป็นบริเวณกว้างไกลออกไปมากกว่าเขตแปซิฟิคเหนือ มันเดินทางไปถึงญี่ปุ่นและทะเลเบอร์ริ่ง แซลมอนจะมีชีวิตอยู่ในมหาสมุทร (2-4 ปี) นานกว่าอยู่ในแม่น้ำ (2-3 เดือนถึง 1 ปี) ระหว่างที่มันอยู่ในมหาสมุทรอันกว้างใหญ่และเป็นเวลานานนี้จะมีปัจจัยส่งผลกระทบอีกมาก บางปัจจัยอยู่นอกเหนือการควบคุมของรัฐบาล (เช่น การประมงของประเทศอื่นๆ และภูมิอากาศ) ผลกระทบจากปัจจัยมากมายเหล่านี้ต้องใช้เวลาศึกษาทำความเข้าใจอีกหลายปีหรืออาจนานนับทศวรรษ

การจับปลาในมหาสมุทร

ความรู้เกี่ยวกับปลาแซลมอนช่วงที่อยู่ในมหาสมุทร 2-4 ปีนี้มีอยู่น้อยมาก และไม่มีการควบคุมการจับปลาในมหาสมุทรแต่อย่างใด อีกทั้งยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการจับปลาแซลมอนและยังมีความอ่อนไหวทางการเมืองระหว่างประเทศอยู่ด้วย จึงยิ่งทำให้หาข้อมูลลำบาก

เมื่อปลาแซลมอนกลับจากทะเลเข้ามาในแม่น้ำ ปลาแซลมอนจะถูกจับเป็นจำนวนมากบริเวณนอกฝั่งและใกล้ฝั่งโดยชาวประมงจากทั้งสหรัฐอเมริกาและแคนาดา บริเวณที่มีการจับปลาในเชิงพาณิชย์มาก คือชายฝั่งอลาสกา และบริติชโคลัมเบีย การจับปลาในบริเวณดังกล่าวถูกควบคุมโดยสนธิสัญญาระหว่างประเทศใน พ.ศ.2528 ทว่านับตั้งแต่ พ.ศ.2537 เป็นต้นมาทั้งสองประเทศต่างก็ไม่ได้ปฏิบัติตามสนธิสัญญานี้เลย

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและปริมาณปลาในมหาสมุทร

นับจาก พ.ศ.2533 ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศในระยะยาวและพบว่าอุณหภูมิในมหาสมุทรได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นวัฏจักรรอบละ 20 ปี (อุณหภูมิน้ำจะสูงขึ้นนาน 8-11 ปี จากนั้นจะเย็นลงอีก 8-11 ปี) วัฏจักรนี้ส่งผลต่อปลาแซลมอนจากแม่น้ำโคลัมเบียมาก (ช่วงที่น้ำอุ่นขึ้นปลาจะเติบโตได้เร็วกว่าช่วงที่น้ำเย็นลง) และจะมีผลต่อปลาอื่นที่ล่ามันเป็นเหยื่อ (ในช่วงน้ำอุ่นปลาแมคเคอเรลจะว่ายขึ้นเหนือและล่าปลาแซลมอนที่ยังมีขนาดเล็ก) ผลกระทบเหล่านี้อยู่นอกเหนือความคาดหมายและมนุษย์ไม่อาจจะจัดการใดๆได้และยากที่จะวัดผลกระทบนี้ ปรากฏการณ์เช่นนี้อาจลดทอนประสิทธิผลของมาตรการบรรเทาผลกระทบที่ใช้อยู่ในแม่น้ำโคลัมเบียด้วยก็เป็นได้

สรุปปัจจัยที่ทำให้ปลาแซลมอนลดลง

ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณปลาแซลมอนจากแม่น้ำโคลัมเบียลดลงมีหลากหลายด้วยกัน และล้วนมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก

ปัจจัยที่มีผลทางตรง

ได้แก่ การสูญเสียลูกปลาและปลาที่โตแล้วบริเวณเขื่อน การสูญเสียแหล่งอาศัย การจับปลาโดยมนุษย์ และการถูกปลาอื่นจับกิน ซึ่งปลาที่ล่าแซลมอนเป็นอาหารนี้เพิ่มจำนวนขึ้นและกระจายออกไปก็เพราะผลการกระทำของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยา

ปัจจัยที่มีผลทางอ้อม

ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงน้ำท่าที่มีผลเสียต่อช่วงเวลาและความเร็วในการว่ายน้ำของปลาแซลมอนที่จะต้องผ่านสิ่งกีดขวางต่างๆในแม่น้ำให้ได้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรและวัฏจักรของกระแสน้ำก็มีผลทางอ้อมต่อการแพร่พันธุ์และการตายของปลาแซลมอน

โดยรวมแล้วปัจจัยต่างๆเหล่านี้จะทำให้เกิดผลกระทบสะสมต่อแซลมอนและไม่อาจแยกได้ว่าผลกระทบสะสมนี้มาจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่ง ปัจจัยที่ร่วมกันส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะไม่มีอำนาจหรือขนาดใหญ่โตให้เห็นในตอนแรก ต่อเมื่อเวลาผ่านไปนานเข้าจึงจะเห็นชัดเจนว่าประชากรของปลาแซลมอนไม่อาจต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงการสิ่งแวดล้อมเนื่องจากกิจกรรมการพัฒนาจำนวนมาก

การวัดผลกระทบต่อปลาแซลมอนในแม่น้ำโคลัมเบีย

การวิเคราะห์ผลกระทบสะสมที่ซับซ้อนจากหลายปัจจัยจำเป็นต้องใช้ข้อมูลมากและมีปัญหาในการติดตามวัดผลกระทบ คือ (1) จะวัดอะไรดี (ตัวชี้วัดทั้งหลายสามารถบอกถึงปัจจัยที่เป็นสาเหตุได้ไม่เหมือนกัน (2) ต้องตรวจวัดในช่วงเวลาที่ถูกต้อง (โดยเฉพาะการวัดข้อมูลที่จะใช้เป็นฐานเปรียบเทียบ) และ (3) จะบอกความคลาดเคลื่อนของการวัดได้อย่างไร ในกรณีปลาแซลมอนนี้ความอุดมสมบูรณ์ของปลาคือตัวชี้วัดหลัก แต่ก็ไม่มีวิธีการวัดวิธีหนึ่งวิธีใดหรือข้อมูลชนิดใดเพียงชนิดเดียวที่จะสามารถบอกได้ครบถ้วนถึงแนวโน้มและปัจจัยทั้งหลายที่ส่งผลต่อจำนวนประชากรของแซลมอน

การติดตามวัดผลกระทบกรณีปลาแซลมอนนี้อาจใช้ข้อมูลจากการตรวจวัด 4 อย่างด้วยกันคือ

1. ข้อมูลการจับปลา เช่น ข้อมูลจากปูมเรือ ข้อมูลจากโรงงานปลากระป๋อง การสำรวจกลุ่มตัวอย่างย่อยของปลาที่ตกได้และข้องใส่ปลา ปัญหาก็คือการมีเจตนาหลีกเลี่ยง รายงานเท็จ (เพื่อเลี่ยงภาษี) บอกชนิดพันธุ์ผิดพลาด การหลีกเลี่ยงการรายงานเนื่องการจับปลาที่ผิดกฎหมาย การสังเกตการณ์โดยผู้ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกอบรม และความคลาดเคลื่อนในการประมาณ

2. การนับจำนวนปลาบริเวณเขื่อน เช่นการนับด้วยสายตา การบันทึกวิดิทัศน์หรือการนับจำนวนปลาขนาดใหญ่ด้วยเครื่องอิเลคทรอนิคส์ขณะที่ปลาว่ายผ่านเขื่อนไปทางเหนือน้ำ

ปัญหาคือการนับนี้เริ่มมีข้อมูลภายหลังการสร้างเขื่อนแล้ว เทคโนโลยีการนับจำนวนปลาที่แตกต่างกันนี้ทำให้ยากต่อการเปรียบเทียบข้อมูลในอดีตกับข้อมูลปัจจุบัน

3. การนับจำนวนปลาที่ออกจากไข่และอยู่รอด มักจะวัดจากจำนวนปลาเติบโตภายหลังจากฤดูวางไข่ ปัญหาคือก่อนหน้า พ.ศ.2493 ยังไม่มีข้อมูลนี้ แหล่งวางไข่หลายแห่งยังไม่ได้สำรวจ และการนับค่อนข้างจะมีอคติ การนับวิธีอื่นได้แก่ นับจำนวนไข่หรือลูกปลาขนาดเล็กซึ่งน่าจะเป็นการวัดที่ตรงกว่าวิธีแรกเพื่อจะบ่งชี้ถึงปริมาณปลาที่จะกลับมาในอนาคต แต่การนับแบบนี้มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีแรกมาก

4.การติดเครื่องหมายบนปลาจากการเพาะพันธุ์ แต่ปลาจากการเพาะอาจมีพฤติกรรมต่างไปจากปลาที่เกิดโดยธรรมชาติ ทำให้การประมาณการจำนวนปลาที่กลับมาเกิดความผิดพลาดได้

การจัดการและมาตรการบรรเทาผลกระทบจะสำเร็จหรือไม่นั้นประเมินอยู่บนฐานข้อมูลประมาณการเหล่านี้ซึ่งไม่อาจบ่งบอกได้ว่าเป็นผลมาจากสาเหตุใด เท่าใดแน่และเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดในประวัติศาสตร์ของชีวิตปลาแซลมอน อีกทั้งยังไม่อาจบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผลต่อการอยู่รอดของปลาช่วงที่อยู่ในน้ำจืดหรือช่วงที่อยู่ในน้ำเค็ม

การบรรเทาผลกระทบสะสมในแม่น้ำโคลัมเบีย

มาตรการบรรเทาขณะนี้ต้องใช้จ่ายกว่าปีละ 100 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีทั้งการปรับแก้ทางเทคโนโลยีและการแก้ปัญหาด้วยการจัดการระบบนิเวศ สรุปได้ดังนี้

การคุ้มครองปลา

- การช่วยลูกปลาขนาดเล็กที่ติดอยู่บริเวณเขื่อนและสิ่งกีดขวางสามารถทำได้ร้อยละ 60-80
- การออกแบบและปรับปรุงทางระบายน้ำล้นของเขื่อนเสียใหม่ให้มีทางระบายน้ำล้นสำหรับปลาผ่านไปได้
- การสร้างเครื่องกั้นปลาไม่ให้เข้าไปในคลองชลประทาน
- การเพิ่มกระแสน้ำในช่วงที่ปลาอพยพในแม่น้ำ ทำให้สูญเสียรายได้ปีละ 40 ล้านเหรียญสหรัฐฯ

การเพิ่มปริมาณปลาด้วยการผสมเทียม

ในปี พ.ศ.2533 มีสถานีเพาะพันธุ์ปลาอยู่มากกว่า 100 แห่งบริเวณตอนล่างของแม่น้ำและกำลังสร้างสถานีใหม่ขึ้นทางต้นน้ำ การผนวกเอาแหล่งเพาะพันธุ์ให้เข้ามารวมอยู่ในวัฏจักร

ของการจัดการนับว่ามีความยากในทางการเมืองและมีข้อสงสัยว่าจะเป็นการแพร่กระจายโรค ซึ่งจะมีผลทางสายพันธุ์ต่อปลาที่เกิดในธรรมชาติหรือไม่

การฟื้นฟูแหล่งอาศัย

มีการเปิดช่องทางสู่แหล่งวางไข่ซึ่งเคยถูกมนุษย์ก่อสร้างสิ่งกีดขวางเอาไว้เพื่อฟื้นฟูการวางไข่ตามธรรมชาติ มีการกันพื้นที่ตามลำน้ำเป็นระยะทาง 65,000 กิโลเมตร โดยห้ามมิให้สร้างโครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในบริเวณนี้ และมีการจัดการป่าไม้กันชนริมน้ำบริเวณแหล่งวางไข่เพื่อกันเศษขยะและวัสดุต่างๆ ไม่ให้ลงสู่น้ำ

การทำลายเขื่อน

ขณะนี้กำลังมีการพิจารณาที่จะทำลายเขื่อนสี่แห่งในแม่น้ำสเนค (Snake River) ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาใหญ่ของแม่น้ำโคลัมเบีย วิธีการนี้อาจดูรุนแรงแต่นักจัดการสิ่งแวดล้อมบางคนเห็นว่าเป็นทางรอดระยะยาวทางเดียวของปลาแซลมอน

อุปสรรคในการบรรเทาผลกระทบสะสมที่ซับซ้อนก็คือ ค่าใช้จ่ายในการประสานระหว่างมาตรการ ความไม่รู้เกี่ยวกับการแปรเปลี่ยนของระบบธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงทางค่านิยมของสังคม และการขาดความเข้าใจทางชีววิทยา ตัวอย่างเช่นการจัดการกับแหล่งวางไข่ของปลาในแม่น้ำโคลัมเบียด้วยการใช้แหล่งวางไข่เก่าแทนแหล่งวางไข่ที่สูญเสียไป ทำให้เกิดปัญหาการกลายพันธุ์ที่ยากต่อการแก้ไขทั้งยังทำให้เกิดโรคอีกด้วย การใช้แหล่งวางไข่ที่ใหม่กว่าก็เพื่อเพิ่มจำนวนปลาเป็นการ “ชั่วคราว” มิใช่เพื่อให้เป็นแหล่งผลิตทดแทนปลาที่สูญเสียไป ที่จริงแล้วควรต้องให้เปลี่ยนวิธีการจับปลาด้วยแต่ก็ได้รับการต่อต้านจากสังคมเป็นอย่างมาก

ความซับซ้อนเชิงสถาบัน

หน่วยงานระดับมลรัฐและรัฐบาลกลาง 11 หน่วยงาน คนพื้นเมือง 13 เผ่า โรงไฟฟ้าพลังน้ำ 8 แห่ง และกลุ่มสนใจอีกมากได้มีส่วนร่วมในการจัดการแม่น้ำโคลัมเบีย ในตอนปลายทศวรรษ 1980 จนถึงต้นทศวรรษ 1990 นั้น นับว่ามีบรรยากาศที่ดีของการร่วมมือระหว่างหน่วยราชการทั้งหลายในลุ่มแม่น้ำโคลัมเบีย มีการใช้ข้อมูลร่วมกันและวางแผนพัฒนาร่วมกัน แต่ปัจจุบันไม่เป็นเช่นนั้น ทำให้การร่วมมือในอนาคตดูจะเป็นเรื่องยาก

การจัดการปัญหาผลกระทบสะสมจำเป็นต้องมีการเห็นชอบร่วมกัน สถาบันต่างๆจะต้องเข้าใจถึงการเสียสละบางอย่างเพื่อประโยชน์ที่จะได้รับและต้องผนึกกำลังร่วมกันปฏิบัติการ รวมทั้งต้องมีความสามารถในการเรียนรู้ผลที่จะเกิดขึ้นอย่างไม่คาดคิด ความยากในการแก้ปัญหายังอยู่ที่ว่า ใครจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่าย ความเสียหายทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจาก

การกระทำในอดีตกลายเป็น “ต้นทุนจม (sunk cost)” ไปแล้ว และผู้ที่ได้รับประโยชน์ในอดีตนั้นไม่ได้อยู่รับผิดชอบในปัจจุบัน นอกจากนี้ระบบนิเวศที่เสียหายไปแล้วก็ยังไม่แน่ว่าจะฟื้นฟูกลับมาได้ หน่วยงานต่างๆ ควรจะต้องมาตกลงกันถึงความจำเป็นที่จะต้องฟื้นฟูสภาพและความจำเป็นที่จะต้องใช้จ่าย

การกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาอย่างยั่งยืนในสภาพที่มีผลกระทบสะสมเกิดขึ้นนั้น ควรต้องมีการติดตามตรวจวัดผลกระทบและตรวจสอบมาตรการบรรเทาในระยะยาว ในกรณีปลาแซลมอน การตรวจสอบควรใช้เวลาช่วง 5 ปี หรือนานกว่านั้น ซึ่งจะนานกว่าวาระทางการเมืองของผู้ดำรงตำแหน่งหลายตำแหน่ง การแก้ปัญหาบางอย่างอาจเป็นปัญหาด้านเทคนิคซึ่งสามารถประมาณการค่าใช้จ่ายได้ แต่บางปัญหาอาจต้องทดลองทำไปก่อนและจะต้องพยายามเปลี่ยนทัศนคติและความคาดหวังของสังคมซึ่งประมาณค่าใช้จ่ายได้ค่อนข้างยาก ส่วนการพัฒนาขีดความสามารถของหน่วยงานและการหามาตรการบรรเทาที่สามารถปรับไปตามความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นล้วนเป็นเรื่องที่จำเป็นต้องมีข้อผูกพันกับงบประมาณในระยะยาว

บทสรุป

มีปัจจัยอยู่สองประการที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของหน่วยงานรัฐบาลใด ๆ ปัจจัยนี้มีทั้งที่เป็นโอกาสและเป็นปัญหาในการจัดมาตรการลดผลกระทบสะสมในแม่น้ำโคลัมเบีย

ประการแรกเนื่องมาจากภาวะทางการเมืองและเศรษฐกิจในช่วงสองสามทศวรรษที่ผ่านมาล้วนส่งเสริมให้มีมาตรการบรรเทาผลกระทบ ในตอนปลายทศวรรษที่ 1970 นโยบายทางการเมืองของสหรัฐอเมริกา คือ การหาแหล่งพลังงานราคาถูกโดยใช้พลังงานนิวเคลียร์ ได้มีการขึ้นราคาพลังงานเกือบร้อยละ 700 ในช่วงต้นทศวรรษ 1980 เพื่อนำเงินไปใช้สร้างสถานีผลิตไฟฟ้านิวเคลียร์ แต่นโยบายนี้ล้มเหลว เงินจึงยังคงเหลืออยู่และได้นำมาใช้สำหรับมาตรการลดผลกระทบจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำรวมทั้งกรณีปลาแซลมอนนี้ด้วย ปัญหาคือต่อไปในอนาคตหากสภาพเศรษฐกิจไม่อำนวยเราจะยังคงสามารถใช้ยุทธศาสตร์มุ่งสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนต่อไปได้หรือไม่

ในประการที่สอง เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรของมหาสมุทรซึ่งไม่เอื้อต่อมาตรการบรรเทาผลกระทบที่ดำเนินการในมหาสมุทร ตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 เป็นต้นมาวัฏจักรของอุณหภูมิในมหาสมุทรไม่ช่วยให้ปลาแซลมอนเติบโตและอยู่รอดอย่างที่เคยเป็น การวัดผลกระทบทำได้ยากและมาตรการบรรเทาผลกระทบแพง จึงเกิดแรงกดดันทางการเมืองให้ยกเลิกมาตรการที่ต้องใช้งบประมาณมากเหล่านี้เพราะเห็นว่ามาตรการใช้ไม่ได้ผล ซึ่งที่จริงแล้วมาตรการอาจใช้ได้ผลเป็นอย่างดีหากสภาพภูมิอากาศในมหาสมุทรไม่เปลี่ยนไป กรณีนี้แสดงถึงความขัดแย้งระหว่างวัตถุประสงค์ทางการเมืองในระยะสั้นกับความไม่แน่นอนทางวิทยาศาสตร์และความยั่งยืนในระยะยาว