

STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW

(No. 58 December 2019)

Publikasi Bersama Federasi Besi dan Baja Jepang dan
Masyarakat Konstruksi Baja Jepang

Versi Bahasa Indonesia

Versi Bahasa Inggris *Steel Construction Today & Tomorrow* diterbitkan tiga kali dalam setahun dan disirkulasikan ke seluruh dunia kepada para eksekutif, perusahaan perdagangan industri, dan organisasi administratif yang berminat. Tujuan utama publikasi ini adalah memperkenalkan standar dan spesifikasi mengenai konstruksi baja, contoh-contoh proyek konstruksi mutakhir, teknologi dan material konstruksi mutakhir dan lainnya di bidang konstruksi bangunan dan keteknik-sipil. Agar pembaca Indonesia dapat memahami artikel yang ada, disiapkan versi Bahasa Indonesia yang berisi teks saja, dan dilampirkan pada versi Bahasa Inggris. Terkait foto, ilustrasi dan tabel, pada halaman terakhir tiap artikel dilampirkan versi Bahasa Inggrisnya.

Juga, bila dibutuhkan konfirmasi teknis ataupun rincian yang lebih teknis dari sebuah teks, silakan merujuk ke publikasi versi Bahasa Inggris.

No. 58 Desember 2019: Isi

Artike Fitur: Daur Ulang dan Penilaian Siklus Hidup dari Produk Baja

Inisiatif untuk Mengatasi Permasalahan Lingkungan dan Mengurangi Pemanasan Global oleh Industri Baja Jepang _____ 1

Standarisasi Metodologi Perhitungan LCI untuk Produk Baja dan Perkembangannya di Jepang _____ 5

Daur Ulang dan Masa Depan Material Baja _____ 9

Seminar Baja Hijau Diadakan _____ 13

Pengenalan ISO20915 pada Sesi Pleno Konferensi

Tahunan SEAISI _____ 14

Artikel Seris: Desain Terkini Bangunan Baja di Jepang (4)

GINZA KABUKIZA _____ 15

Nomor halaman disebutkan di atas mengacu pada versi Bahasa Inggris terbitan No. 58.

Versi Indonesia: ©Federasi Besi dan Baja Jepang 2019

Federasi Besi dan Baja Jepang

3-2-10 Nihonbashi-Kayabacho, Chuo-ku, Tokyo

103-0025, Jepang

Fax: 81-3-3667-0245 Telpon: 81-3-3669-4815

Alamat surat: sunpou@jisf.or.jp

URL <http://www.jisf.or.jp>

Artikel Fitur:

Daur Ulang (Recycling) dan Penilaian Siklus Hidup (Lifecycle) Produk Baja

(Halaman 1~4)

Artikel Fitur: *Daur Ulang (Recycling) dan Penilaian Siklus Hidup (Lifecycle) Produk Baja (1)*

Inisiatif untuk Mengatasi Permasalahan Lingkungan dan Mengurangi Pemanasan Global oleh Industri Baja Jepang

Oleh Hidekazu Matsubara

Sekretaris, Komite Baja Ramah Lingkungan untuk Konstruksi

Federasi Besi dan Baja Jepang

Di tengah meningkatnya kekhawatiran tentang masalah lingkungan global, pemerintah Jepang membentuk Dewan Menteri untuk Konservasi Lingkungan Global pada tahun 1989. Dengan pendirian ini, beragam upaya yang bertujuan untuk mengurangi pemanasan global telah didorong secara nasional. Dalam beberapa tahun terakhir, untuk menyusun dan mengusulkan "Strategi Pengembangan Emisi Gas Rumah Kaca Rendah Jangka Panjang (Strategi Jangka Panjang)," yang telah diminta untuk menyerahkan pada tahun 2020 dalam Perjanjian Paris COP21, "Konferensi terkait Strategi Jangka Panjang Jepang di bawah Perjanjian Paris" didirikan, yang telah memulai pemeriksaan yang terlibat dalam Strategi Jangka Panjang.

Mengingat pergerakan seperti itu di Jepang dan luar negeri, industri baja Jepang mempromosikan berbagai langkah yang bertujuan mengurangi pemanasan global. Salah satu langkah spesifik yang dipromosikan adalah "Rencana Implementasi untuk Mencapai Masyarakat Rendah Karbon (Low Carbon Society)." Selain itu, menatap tajam pada permasalahan pemanasan global yang sedang berlangsung setelah 2030, industri baja telah menyusun "Visi untuk Tindakan Jangka Panjang untuk Mengatasi Isu Pemanasan Global" yang bertujuan mewujudkan tujuan akhirnya, produksi "baja nol-karbon (zero-carbon steel)".

Artikel berikut ini memperkenalkan inisiatif industri baja Jepang untuk menangani masalah lingkungan dan mengurangi pemanasan global yang telah didorong sejauh ini, dan rencana masa depan untuk mengurangi pemanasan global lebih lanjut.

Langkah-langkah untuk Mengatasi Permasalahan Lingkungan dalam Produksi Besi dan Baja

Dipicu oleh krisis minyak yang terjadi pada tahun 1970-an, industri baja Jepang telah mendorong berbagai upaya untuk menangani permasalahan lingkungan yang ada kaitannya dengan produksi besi dan baja, di antaranya adalah:

- Langkah-langkah peningkatan proses terutama untuk kelanjutan proses produksi, seperti pengenalan peralatan pengecoran baja berkelanjutan
- Pemanfaatan gas hasil sampingan yang efektif di mana gas hasil sampingan yang dihasilkan dalam proses pembuatan besi dan baja diperoleh kembali dan digunakan sebagai energi untuk mengoperasikan peralatan pembuatan besi dan baja
- Pemulihan energi limbah dan pemanfaatannya yang efektif sebagai sumber pembangkit listrik
- Pengenalan teknologi hemat energi yang dikembangkan dengan memanfaatkan pemanfaatan bahan limbah yang efektif sebagai sumber daya (Lihat Gbr. 1)

Industri baja Jepang telah secara berturut-turut memperkenalkan proses-proses hemat energi yang tinggi ini ke dalam produksi besi dan baja, dengan demikian mencapai pengurangan sekitar 30% dari konsumsi energi unit per ton baja yang diproduksi dibandingkan dengan tingkat pada tahun 1970-an. Akibatnya, industri ini telah menyadari proses pembuatan besi dan baja yang menunjukkan efisiensi energi tertinggi di dunia. (Lihat Gbr. 2)

Selain penggunaan energi yang efisien yang disebutkan di atas, industri baja Jepang telah menerapkan berbagai jenis tindakan lingkungan lainnya, salah satunya adalah penggunaan terak (slag) yang efektif yang dihasilkan dalam proses pembuatan besi dan baja. Misalnya, karena semen *blast furnace* yang diproduksi menggunakan *blast furnace slag* dapat diproduksi tanpa menggunakan proses penghancuran dan *sintering* yang digunakan dalam produksi semen biasa, semen *blast furnace* memiliki dampak besar pada perlindungan lingkungan atau pengurangan emisi CO₂ selama produksi.

Lebih lanjut, industri ini juga berkontribusi terhadap pelestarian tidak hanya pada udara tetapi juga kualitas air. Emisi SO_x dan NO_x di pabrik baja sangat berkurang dengan penerapan peralatan desulfurisasi dan denitrifikasi ini. Dalam hal besarnya jumlah air yang digunakan di pabrik baja, lebih dari 90% dari

semua penggunaan air dimasukkan kembali ke sirkulasi dengan mengadopsi peralatan pemurnian kualitas air. Memanfaatkan langkah-langkah lingkungan ini, industri baja berkontribusi terhadap peningkatan lingkungan.

Gbr. 1 Pengembangan Proses Ramah Lingkungan di Industri Baja Jepang

Gbr. 2 Perbandingan Internasional Konsumsi Energi Unit pada Industri Baja

Langkah-langkah untuk Mengurangi Pemanasan Global oleh Industri Baja Jepang

Memanfaatkan proses efisiensi energi tertinggi di dunia, industri baja Jepang telah merencanakan dan melakukan langkah-langkah penggunaan praktis untuk mengurangi pemanasan global. Secara khusus, langkah-langkah ini dikembangkan berdasarkan “Rencana Implementasi untuk Mencapai Masyarakat Rendah Karbon (Low Carbon Society): Fase I (~2020)” yang didukung oleh empat kegiatan inti: penggunaan efektif tiga pendekatan-ramah lingkungan—proses-ramah lingkungan (*eco-processes*), solusi-ramah lingkungan (*eco-solutions*) dan produk ramah lingkungan (*eco-products*)—dan pengembangan proses pembuatan besi yang inovatif COURSE50 (Pengurangan Ultimate CO₂ dalam proses pembuatan baja dengan teknologi inovatif untuk cool Earth 50). (Lihat Gbr. 3)

• Proses-ramah lingkungan (Eco-processes)

Eco-processes menggambarkan proses efisiensi energi tertinggi di dunia yang disebutkan di atas, di mana peningkatan efisiensi energi lebih lanjut sedang digalakkan. Baru-baru ini, upaya Litbang diarahkan pada pengenalan oven kokas (*coke*) generasi berikutnya dan peningkatan efisiensi operasional peralatan pembangkit listrik.

• Solusi-ramah lingkungan (Eco-solutions)

Eco-solutions bertujuan untuk mempromosikan penghematan energi melalui dua pendekatan utama: transfer teknologi hemat energi (BAT: teknologi terbaik yang tersedia) dikembangkan dan digunakan secara praktis dalam industri baja Jepang ke Cina, India, ASEAN dan negara-negara lain di mana industri baja mencapai perkembangan luar biasa; dan penggunaan efektif kerangka kerja program kerja sama multinasional seperti “Kemitraan Internasional tentang Peningkatan Efisiensi Penggunaan Energi dari Kemitraan Kinerja Energi Unggulan Global (GSEP). Industri baja Jepang telah berkontribusi dalam

mengurangi emisi CO₂ melalui pendekatan ini dalam skala global. (Lihat Gbr. 4)

Sebuah studi yang dilakukan oleh Badan Energi Internasional menunjukkan bahwa di industri baja negeri ada potensi besar untuk penghematan energi (Gbr. 5) yang dapat dicapai dengan memperkenalkan teknologi hemat energi canggih (sebagian besar teknologi ini dikembangkan di Jepang). Industri baja Jepang akan terus menangani pengembangan dan penyediaan solusi ramah lingkungan di masa depan.

• Produk-ramah lingkungan (Eco-products)

Eco-products berarti produk-produk baja yang memungkinkan pengurangan emisi CO₂, lebih sedikit beban lingkungan, peningkatan efisiensi bahan bakar dan pendekatan lain dalam tahap produk akhir yang diproduksi oleh penggunaan optimal dari kinerja spesifik yang ditawarkan oleh produk-ramah lingkungan. Misalnya, produk akhir yang diproduksi menggunakan produk baja berkinerja tinggi berkontribusi terhadap pengurangan emisi CO₂, atau produk ramah lingkungan menunjukkan ramah lingkungan pada tahap penerapan. Produk ramah lingkungan adalah lembaran baja otomotif berkekuatan tinggi. Dari tahun 1970-an hingga saat ini, kuat tarik yang lebih tinggi telah diminta untuk lembaran baja otomotif untuk memenuhi beragam latar belakang dan kebutuhan sosial, atau untuk memenuhi kebutuhan otomotif dengan bobot lebih ringan yang memungkinkan peningkatan efisiensi bahan bakar. Lembaran baja otomotif berkekuatan tinggi yang dikembangkan oleh pembuat baja Jepang telah berkontribusi terhadap pengurangan emisi CO₂ oleh otomotif ringan pada skala global. (Lihat Foto 1)

Namun, tingkat nilai karakteristik yang dicapai dalam hal kekuatan tarik atau digunakan secara praktis oleh pembuat baja Jepang hanya 1/2 atau 1/3 dari nilai teoritis (lihat Gbr. 6). Mengingat hal ini, industri baja Jepang berupaya tidak hanya untuk mengembangkan produk-produk baja berkekuatan tinggi tetapi juga untuk mendukung infrastruktur sosial di masa depan melalui pengembangan produk-produk baja generasi selanjutnya untuk mempersiapkan kedatangan infrastruktur hidrogen. Pada saat yang sama, industri ini terus maju dengan tugas berkontribusi untuk mengurangi emisi CO₂ selama seluruh siklus hidup produk baja.

Dalam pengembangan proses pembuatan besi yang inovatif, upaya Litbang diarahkan pada dua target: pemanfaatan hidrogen reduksi bijih besi dalam proses *blast furnace* di mana emisi CO₂ tertinggi di antara

proses pembuatan besi dan baja; dan proyek COURSE50 di mana pengembangan teknologi dilakukan dengan tujuan mengurangi emisi CO₂ hingga 30% dalam proses *blast furnace* melalui pemisahan dan pemulihan CO₂. Aplikasi praktis COURSE50 ditargetkan mulai sekitar tahun 2050.

Sebagai cara untuk mengurangi emisi CO₂ dalam proses pembuatan besi dan baja, industri baja Jepang telah menyusun "Rencana Implementasi untuk Mencapai Masyarakat Rendah Karbon: Fase II" untuk tahun 2030. Dalam hal total emisi CO₂ dalam industri baja, Fase II menargetkan pengurangan tingkat yang lebih tinggi dengan menambahkan target pengurangan spesifik yang ingin dicapai oleh produk-ramah lingkungan, proses-ramah lingkungan, dan solusi-ramah lingkungan dibandingkan dengan fase I (Tabel 1). Di bidang pengembangan proses inovatif, industri baja memiliki rencana untuk mempromosikan pengembangan ferro coke, bahan baku pembuatan besi yang inovatif, selain COURSE50.

Gbr. 3 Konsep Dasar untuk Tindakan Jangka Panjang untuk Mengurangi Pemanasan Global di Federasi Besi dan Baja Jepang (Tiga ecos + Pengembangan teknologi inovatif)

Gbr. 4 Transisi dalam Program Kerjasama Internasional untuk Mendukung Solusi Ramah Lingkungan

Gbr. 5 Perbandingan Internasional Potensi Penghematan Energi di Industri Baja (2011)

Foto 1 Produk baja konduktif untuk mengurangi emisi CO₂

Gbr. 6 Pengembangan Produk Baja Berkekuatan Tinggi dan Potensi Pengembangan Masa Depan
Tabel 1 Target untuk Pengurangan Emisi CO₂ dengan Menggunakan Tiga Eco pada Industri Baja Jepang

Tindakan Masa Depan untuk Mengurangi Pemanasan Global pada Industri Baja Jepang

Perjanjian Paris menargetkan "menjaga kenaikan suhu rata-rata global hingga di bawah 2°C di atas tingkat pra-industri." Dengan mengingat pernyataan ini, mutlak diperlukan untuk mengembangkan teknologi pembuatan besi yang sangat inovatif di luar teknologi yang saat ini digunakan serta teknologi inovatif yang sedang dikembangkan. Dengan situasi seperti itu, industri baja Jepang mengarahkan upaya penuhnya untuk pengembangan COURSE50, ferro coke dan teknologi pembuatan besi inovatif lainnya ke arah penerapan praktisnya pada tahun 2030. Ketika

teknologi ini mulai digunakan secara praktis, emisi CO₂ dari penggunaan alami sumber daya diperkirakan akan berkurang 10% dari tingkat emisi saat ini (tidak termasuk pengurangan karena efek penangkapan dan penyimpanan karbon dioksida).

Untuk saat ini, metode *blast furnace* dianggap sebagai metode utama dalam pembuatan besi baik dari perspektif ekonomi maupun teknis, dan oleh karena itu akan diperlukan untuk mendorong pembentukan teknologi pembuatan besi jenis emisi rendah karbon dengan asumsi bahwa *blast furnace* akan terus berlanjut untuk diterapkan di masa depan. Namun, tidak mungkin untuk mencapai tingkat jangka panjang dari suhu rata-rata global yang ditetapkan dalam Perjanjian Paris dengan hanya menggunakan langkah-langkah seperti itu, yang dengan demikian akan membutuhkan pengembangan teknologi yang sangat inovatif di luar yang sedang dikembangkan. (Lihat skenario untuk pengenalan maksimum teknologi sangat inovatif yang ditunjukkan pada Gbr. 7).

Untuk tujuan ini, memanfaatkan pengetahuan yang akan diperoleh dalam pengembangan COURSE50 dan ferro coke sebagai pijakannya, industri baja Jepang mendorong tiga tantangan pembangunan utama: teknologi pembuatan besi pengurangan hidrogen yang akhirnya memungkinkan nol emisi dari proses pembuatan besi; CCS (penangkapan dan penyerapan karbon) di mana CO₂ yang dipancarkan dari proses pembuatan besi dipisahkan, dipulihkan dan disimpan; dan CCU (penangkapan dan pemanfaatan karbon) di mana barang-barang berharga dibentuk menggunakan CO₂ sebagai bahan baku.

Dikarenakan hidrogen yang digunakan pada proses pembuatan besi dengan reduksi hydrogen digunakan tidak hanya sebagai bahan baku pembuatan besi tetapi juga sebagai sumber bahan bakar untuk otomobil dan sektor sipil lainnya, prasyarat utama adalah pengembangan dan peningkatan teknologi dan peralatan untuk menghasilkan hidrogen sebagai pembawa energi umum untuk infrastruktur industri dan sosial. Khususnya, persyaratan penting untuk hidrogen yang digunakan untuk produksi baja, bahan industri dasar, adalah kehalusan karbon dan ketersediaan lebih lanjut dari pasokan yang stabil dan murah. Lebih lanjut, dalam penggunaan praktis CCS, akan diperlukan untuk menyelesaikan berbagai tugas selain tugas-tugas teknologi, seperti pengamanan situs penyimpanan CO₂, penerimaan sosial, organisasi pelaksana proyek dan perawatan beban ekonomi di samping pengembangan teknologi untuk memungkinkan transportasi murah dan

penyimpanan sejumlah besar CO₂. Gbr. 7 menunjukkan roadmap menuju (skenario untuk) pengembangan teknologi yang sangat inovatif.

Gbr. 7 Roadmap menuju (Skenario untuk) Pengembangan Teknis untuk Teknologi yang Sangat Inovatif

Inisiatif menuju Pengurangan yang Berkelanjutan dari Pemanasan Global

Industri baja Jepang sejauh ini menangani masalah lingkungan dengan memanfaatkan teknologi canggih yang diperkenalkan di atas. Di masa depan, agar Jepang mencapai target jangka menengah (2030) yang dinyatakan dalam Perjanjian Paris, industri akan terus mendorong "Rencana Implementasi untuk Mencapai Masyarakat Rendah Karbon." Pada saat yang sama, mengenai target rentang jangka panjang (setelah 2030) yang bertujuan menghasilkan "baja nol-karbon," itu akan mempertahankan inisiatifnya untuk langkah-langkah pengurangan pemanasan global jangka panjang yang akan diperoleh melalui promosi produk-produk ramah lingkungan, proses-ramah lingkungan dan solusi-ramah lingkungan serta pengembangan teknologi pembuatan besi yang inovatif.

Fig. 1 Development of Eco-processes in the Japanese Steel Industry

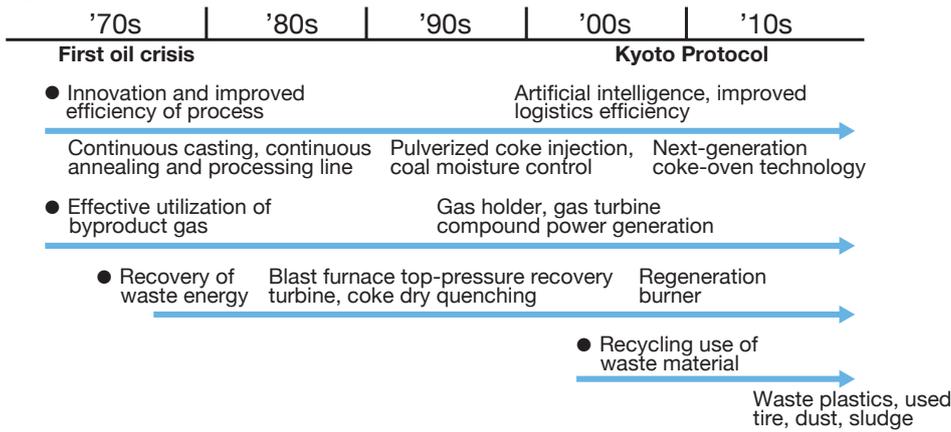
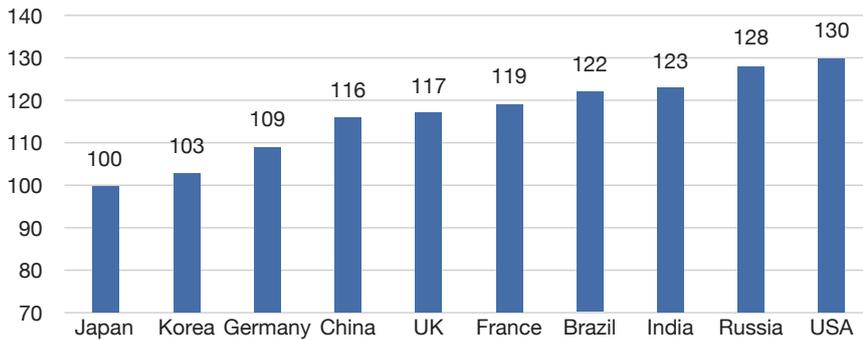


Fig. 2 International Comparison of Unit Energy Consumption in the Steel Industry

Index set Japan as 100 (unit consumption per ton of steel produced)



Source: RITE—Estimate of Unit Energy Consumption for 2015; Conversion to indices by the Japan Iron and Steel Federation

Fig. 3 Basic Concept for Long-term Measure to Mitigate Global Warming in the Japan Iron and Steel Federation (Three ecos+Innovative technology development)

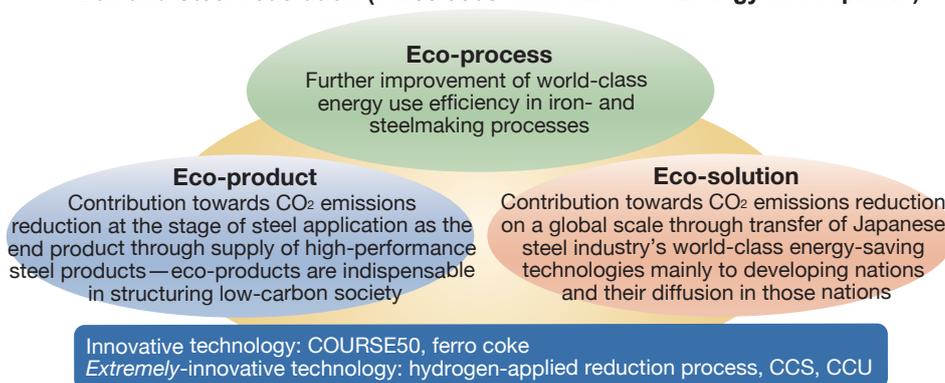


Fig. 4 Transition in International Cooperation Programs to Support Eco-solutions

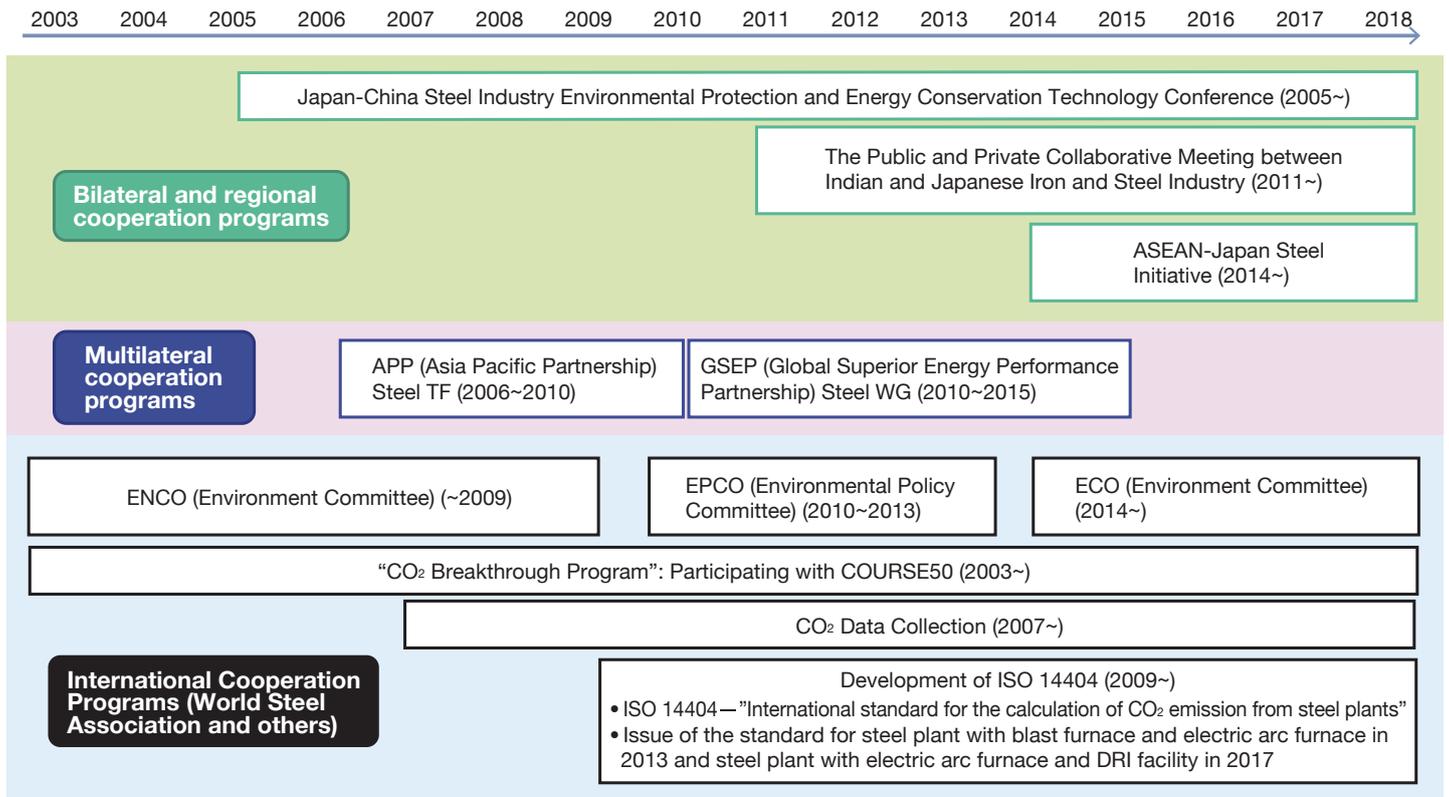
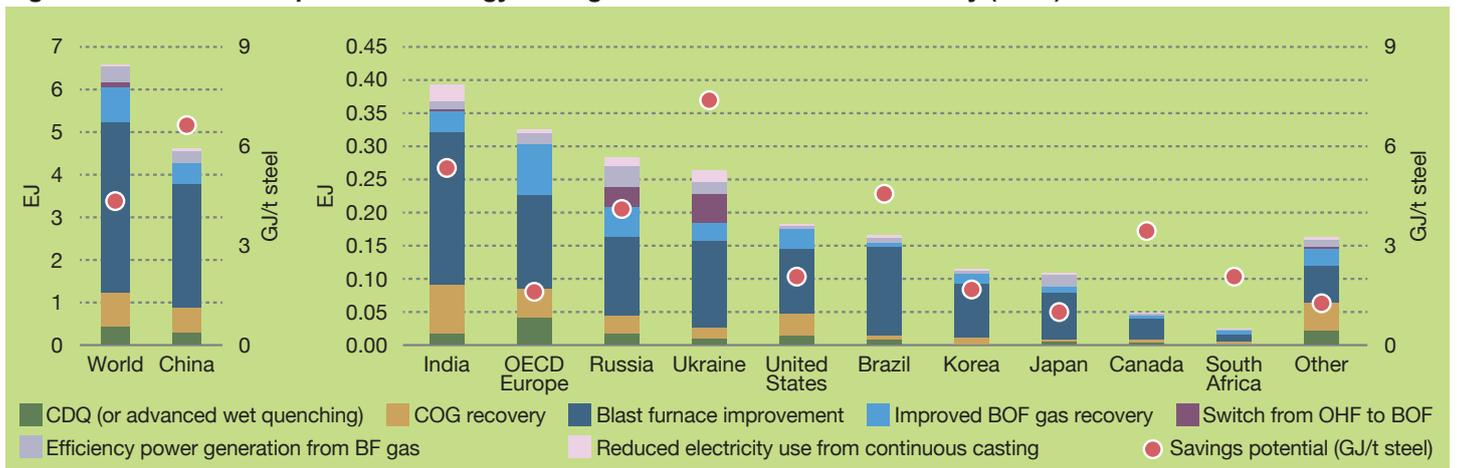


Fig. 5 International Comparison of Energy Saving Potentials in the Steel Industry (2011)



Source: Energy Technology Perspective 2014 of IEA

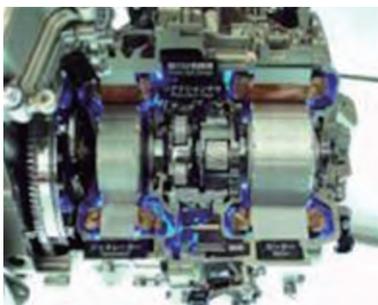


Photo 1 Steel products conducive to reducing CO₂ emissions

● Motors for hybrid and electric vehicles: Improved fuel efficiency, higher output and downsizing of motors attained by the use of high-efficient, non-oriented electrical steel sheet

● Automobile and industrial machinery parts: Multi-stepping, downsizing and lighter weight of transmission gears attained by the use of high-strength gear steel→Improved fuel efficiency

Fig. 6 Development of High-strength Steel Products and Future Development Potential

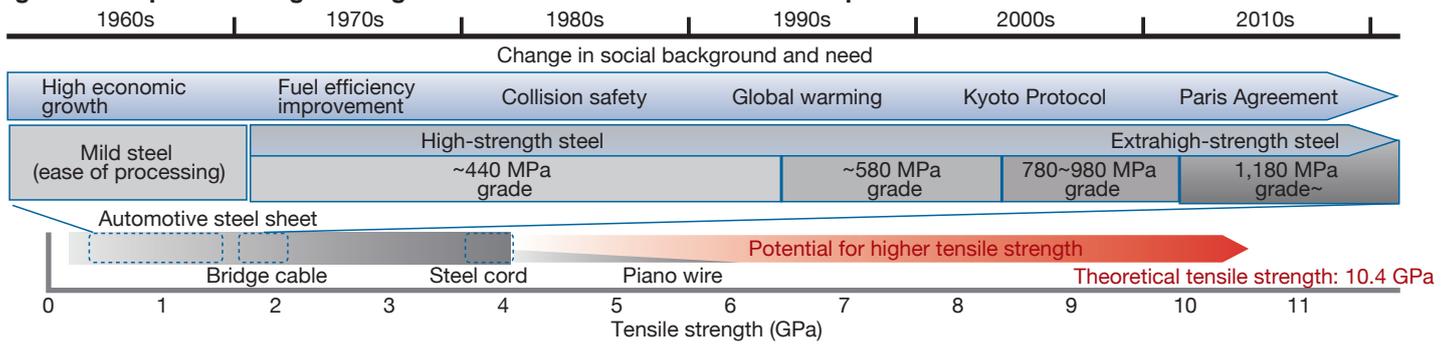
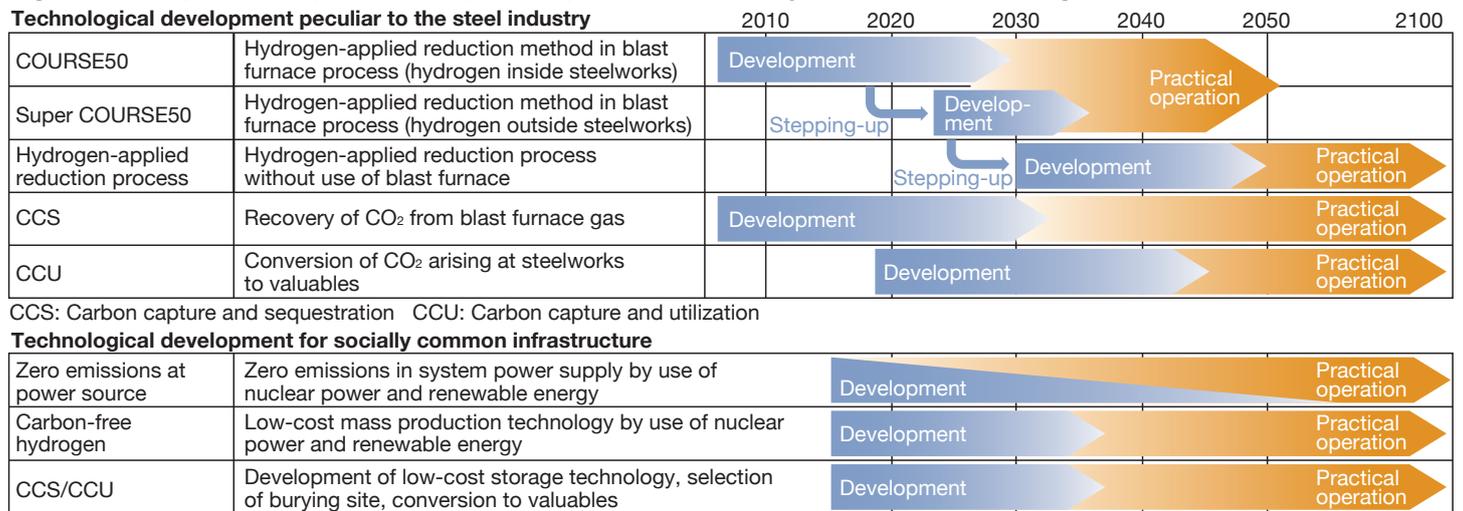


Table 1 Targets for CO₂ Emissions Reduction by the Use of Three Ecos in the Japanese Steel Industry

Implementation of Plan to Achieve Low Carbon Society	Phase I (~2020)	Phase II (~2030)
Eco-process	5,000,000 tons-CO ₂ * (reduction from BAU)	9,000,000 tons-CO ₂ (reduction from BAU)
Eco-solution	70,000,000 tons-CO ₂	80,000,000 tons-CO ₂
Eco-product	34,000,000 tons-CO ₂	42,000,000 tons-CO ₂

*Of the emissions reduction target of 5,000,000 tons-CO₂, while concentrating on the reduction of 3,000,000 tons-CO₂ by means of energy savings and other self-efforts, the emissions reduction attained by the increased collection of plastic wastes and other waste materials compared to the FY2005 collection return is to be counted as the emissions reduction return.

Fig. 7 Roadmap towards (Scenario for) Development of Extremely-Innovative Technologies



(Halaman 5~8)

Artikel Fitur: Daur Ulang (Recycling) dan Penilaian Siklus Hidup (Lifecycle) Produk Baja (2)

Standarisasi Metodologi Perhitungan LCI untuk Produk Baja dan Perkembangannya di Jepang

oleh Tomohisa Hirakawa

Wakil Ketua, Komite Baja Ramah Lingkungan untuk Konstruksi

Federasi Besi dan Baja Jepang

Standarisasi Metode Perhitungan LCI dengan Mempertimbangkan Dampak Daur Ulang

Dalam menilai dampak lingkungan dari banyak produk yang digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari, sementara perhatian cenderung berfokus pada tahap produksi dan penerapan produk-produk ini, tidak selalu benar untuk menilai kinerja lingkungan hanya pada tahap produksi dan penerapan. Sebaliknya, penting untuk menilai efek produk terhadap lingkungan selama seluruh siklus hidup produk yang mencakup proses dari penambangan bahan baku hingga pembuatan dan penerapan produk dan selanjutnya untuk daur ulang setelah pembuangan produk yang sudah digunakan. Artinya, penilaian siklus hidup (LCA) penting dalam menilai kinerja lingkungan produk.

Hampir semua produk baja diperoleh kembali sebagai skrap baja setelah otomobil dan produk lain yang menggunakan produk baja mencapai akhir masa layannya. Skrap baja yang dipulihkan kemudian dilahirkan kembali sebagai produk baja yang diperbaharui, yang kemudian diterapkan pada produk akhir yang baru. Proses ini diulangi untuk banyak jenis produk akhir berkali-kali.

Sejauh ini, standar-standar belum diterbitkan untuk menilai beban lingkungan selama seluruh siklus hidup, bahkan mencakup daur ulang sebagai sisa setelah pembuangan produk akhir. Untuk mengatasi situasi seperti itu, ISO 20915 "Metodologi perhitungan inventaris siklus hidup untuk produk baja" dan JIS Q 20915 "Metodologi perhitungan inventaris siklus hidup untuk produk baja" (selanjutnya disebut sebagai "Standar") telah diberlakukan, yang memungkinkan perhitungan inventaris yang digunakan untuk menilai beban lingkungan pada seluruh siklus hidup produk baja.

Standar ini berasal dari metodologi perhitungan LCI yang disiapkan oleh Institut Internasional Besi dan Baja (saat ini Asosiasi Baja Dunia) melalui

pengorganisasian metode perhitungan inventaris siklus hidup (LCI) pada tahun 1997, yang memperhitungkan daur ulang skrap produk besi dan baja, menggunakan Laporan Metodologi yang diterbitkan oleh Institut tersebut. Pada 2015, Federasi Besi dan Baja Jepang mengusulkan Komite Teknis ISO TC/17 untuk standarisasi metodologi perhitungan LCI, yang mengarah pada pembentukan ISO 20915 "Metodologi perhitungan inventaris siklus hidup untuk produk-produk baja" pada November 2018 dan JIS Q 20915 memiliki konten yang hampir identik pada Juni 2019.

Sementara batas sistem konvensional (rentang diterapkan untuk perhitungan LCI) yang digunakan untuk metodologi perhitungan LCI umumnya mencakup proses dari penambangan bahan baku sampai pengiriman produk, batas sistem dalam Standar yang baru diterbitkan mencakup proses dari penambangan bahan baku sampai pengiriman produk dengan mempertimbangkan efek daur ulang yang diperoleh dengan pemulihan dan penerapan skrap (Gbr. 1). Dalam hal perhitungan LCI menggunakan Standar, LCI diperoleh dengan menambahkan LCI (B1) yang terjadi karena input skrap dan LCI (B2, nilai minus) yang terjadi karena pemulihan skrap ke LCI (A) yang terjadi dalam proses dari penambangan bahan baku sampai pengiriman produk. (Gbr. 2)

Federasi Besi dan Baja Jepang dan Asosiasi Baja Dunia secara berkala mengumpulkan informasi dari industri baja global dan domestik tentang data hasil operasi dari perusahaan anggota mereka untuk menghitung dan mengumumkan nilai rata-rata untuk potensi pemanasan global (GWP) yang berkaitan dengan produk baja utama. Data GWP tersedia di situs web kedua organisasi ini.

Dalam tiga bab berikut, latar belakang dan konsep dari Standar tersebut diperkenalkan.

Gbr. 1 Batasan Sistem yang digunakan pada Metodologi Perhitungan LCI

Gbr. 2 Metodologi Perhitungan LCI diadopsi dalam JIS Q 20915

Dominasi yang Luar Biasa dalam Syarat Daur Ulang

Fitur yang paling penting dari Standar ini terletak pada pertimbangan penuh yang dibayarkan pada efek daur ulang yang khusus untuk produk baja. Ketika mengutip keunggulan baja dalam hal daur ulang, lima keuntungan berikut dapat dilihat dengan jelas, yang

memungkinkan daur ulang loop tertutup (setiap produk akhir dan berkali-kali) dari produk baja.

- **Kemudahan Pemisahan**

Seperti diketahui, magnet menarik baja. Sekalipun produk-produk baja secara kasar dibuang bersama-sama dengan limbah lainnya, baja mudah dipisahkan dari limbah yang dibuang dengan menggunakan magnet (Gbr. 3).

- **Pembentukan Daur Ulang di bawah Ekonomi Pasar**

Skrap baja bukan material limbah tetapi “yang bernilai”, dan karenanya skrap baja telah ditransaksikan di seluruh dunia berdasarkan prinsip-prinsip pasar (Gbr. 4).

- **Beban Lingkungan yang lebih Rendah selama Regenerasi**

Setelah bijih besi direduksi menjadi besi (dari besi ke besi), timbulnya beban lingkungan yang terjadi pada tahap regenerasi berikutnya dari skrap menjadi baja dapat ditekan ke tingkat minimum (dari baja ke baja), dan selanjutnya dimungkinkan untuk mengulangi operasi bebas-beban lingkungan dalam setiap proses regenerasi yang mengikuti (Gbr. 5).

- **Penurunan Kualitas yang Lebih Rendah selama Regenerasi**

Pada tahap regenerasi dari skrap baja ke baja, sebagian besar kotoran yang terkandung dalam skrap baja dapat dihilangkan sebagai terak dan gas. Mengenai zat-zat berbahaya yang tidak dapat dihilangkan selama regenerasi, zat-zat ini dapat diencerkan dengan menggunakan besi cair sehingga kualitas baja yang diregenerasi dapat dipertahankan (Gbr. 6).

- **Kemungkinan Regenerasi untuk Berbagai Jenis Produk Baja**

Struktur logam baja yang diregenerasi dari skrap diatur ulang pada tahap peleburan kembali skrap, dan baja yang diperoleh dapat diproses ke berbagai jenis dan jenis produk baja melalui kontrol struktur mikro dengan menggunakan teknologi *built-in* kinerja (Gbr. 7).

Gbr. 3 Pemisahan Magnetik Produk Baja Bekas dari Material Limbah

Gbr. 4 Daur Ulang Skrap di Bawah Ekonomi Pasar

Gbr. 5 Beban Lingkungan dari Produk Baja Regenerasi

Gbr. 6 Menjaga Kualitas selama Regenerasi

Gbr. 7 Kontrol Mikro untuk Memberikan Sifat Beragam

Penggunaan *Blast Furnace* dan *Electric Arc Furnace* yang Kompatibel

Metode produksi besi dan baja kurang lebih dapat diklasifikasikan ke dalam metode tanur tinggi/*blast furnace* (BF) dan metode tanur busur listrik/*electric arc furnace* (EAF). Pada metode BF, besi gubal (*pig iron*) diproduksi terutama dari bijih besi, dan karbon yang terkandung pada besi gubal (*besi cair*) dihilangkan dengan menggunakan tungku oksigen dasar untuk menghasilkan baja. Sementara itu, pada metode EAF, potongan baja dicairkan kembali menggunakan busur panas, di mana komposisi kimia disesuaikan untuk menghasilkan baja. Bahkan dalam metode BF, ada kasus di mana skrap baja digunakan dari sudut pandang ekonomis, dan lebih lanjut pada metode EAF, ada kasus di mana besi gubal digunakan untuk mempertahankan tingkat kualitas baja. (Lihat Gbr. 10).

Gbr. 8 menunjukkan produksi produk baja di seluruh dunia sejak tahun 2000 menggunakan metode BF dan EAF. Produksi yang menggunakan metode BF jauh lebih daripada yang menggunakan metode EAF, dan metode BF pasti memenuhi permintaan yang meningkat untuk produk baja. Alasan untuk ini adalah bahwa, sementara bijih besi dapat ditambang sesuai dengan tingkat permintaan, jumlah skrap baja yang tersedia terbatas karena skrap, dapat dikatakan, keluar dari masyarakat.

Dengan cara ini, skrap baja secara efektif digunakan kembali baik dalam metode BF dan EAF sementara pada saat yang sama terus meningkatkan saham baja di masyarakat dengan menggunakan produk-produk baja yang dihasilkan dari *blast furnace-basic oxygen furnace steel*. Saham baja per kapita pada masyarakat yang matang di Jepang, AS dan Eropa berjumlah sekitar 10 ton, tetapi rata-rata saham baja per kapita di dunia hanya sekitar 4 ton (Gbr. 9). Untuk saat ini, usia penggunaan metode BF dan EAF yang kompatibel akan terus berlanjut, di mana metode BF diharapkan memainkan peran yang menarik terhadap pertumbuhan saham baja sosial.

Gbr. 8 Produksi Produk Baja di Seluruh Dunia (Produk Baja melalui Metode *Blast Furnace* dan Metode *Electric Arc Furnace*)

Gbr. 9 Sirkulasi Produk Besi dan Baja di Seluruh Dunia

Konsep Perhitungan LCI dari Produk Baja

Perhitungan Inventaris Siklus Hidup (LCI) dari produk baja dijelaskan dengan menetapkan Biji besi

turunan LCI sebagai X_{pr} , skrap baja turunan LCI sebagai X_{re} , laju perbaikan skrap (laju daur ulang) sebagai R dan titik leleh baja cair selama regenerasi skrap baja sebagai Y , dan selanjutnya dengan memberikan $X_{pr}=2.0$ (t-CO₂), $X_{re}=0.5$ (t-CO₂), $R=0.9$ and $Y=0.9$, nilai yang diasumsikan dipersiapkan dengan mensimulasikan pengembalian aktual dalam empat item masing-masing yang ditunjukkan di atas, untuk mempromosikan pemahaman konsep LCI (Gbr. 10).

Dalam situasi di mana metode BF dan EAF digunakan dalam produksi besi dan baja, bagaimana LCI produk baja harus dihitung? Haruskah LCI dihitung untuk produk baja secara terpisah melalui metode BF atau melalui metode EF, atau melalui proses tunggal yang terhubung yang mencakup kedua metode? Karena skrap baja yang digunakan dalam metode EAF tentu saja didapat melalui metode BF di mana bijih besi direduksi menjadi besi, ada hubungan sebab akibat antara kedua metode ini, dan dengan demikian tidak mungkin untuk membagi dua metode untuk perhitungan LCI. Oleh karena itu, kedua metode ini dipahami sebagai proses tunggal yang terhubung, dan sangat wajar untuk menilai LCI dari kedua metode ini menggunakan nilai rata-rata total LCI dari produk baja (Gbr. 11).

Secara khusus, LCI harus dihitung untuk setiap pengulangan daur ulang, dan sebagai hasilnya, LCI berubah dari 2,0 (t-CO₂) akhirnya menjadi 0,79 (t-CO₂). Dalam Standar, nilai akhir ini (nilai rata-rata siklus hidup) ditetapkan sebagai LCI produk baja, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 12. Standar tersebut menentukan nilai akhir ini (rata-rata siklus hidup) sebagai LCI produk baja (Gbr. 13).

Dari konsep di atas, perhitungan LCI dapat dinyatakan menggunakan persamaan $LCI=X_{pr}-R \cdot Y$ ($X_{pr}-X_{re}$), tapi faktor penggunaan skrap tidak diperhitungkan pada persamaan ini. Artinya, dapat dikatakan bahwa LCI identic untuk produk baja yang dihasilkan melalui metode BF atau metode EAF. LCI dari produk baja dinyatakan dalam standar sebagai $X_{pr}=A+B1, -R \cdot Y$ ($X_{pr}-X_{re}$)= $B2$. (Lihat Gbr. 14)

Gbr. 10 LCI pada Siklus Hidup Produk Besi dan Baja

Gbr. 11 Konsep Perhitungan LCI untuk Produk Baja (Rata-rata Siklus Hidup)

Gbr. 12 Konsep Perhitungan LCI untuk Produk Baja Berdasarkan pada Daur Ulang

Gbr. 13 Jumlah Siklus Hidup dan Transisi LCI

Gbr. 14 Hubungan LCI antara Persamaan Dasar dan

Persamaan Standar

◆◆◆

Infiltrasi Konsep LCI untuk Produk Baja di Jepang

Untuk menyebar dan menyaring konsep yang tepat untuk LCI produk baja ke Jepang, Federasi Besi dan Baja Jepang mendorong kegiatan yang bertujuan mencerminkan konsep yang benar berdasarkan JIS Q 20915 dalam standar dan dokumen standar yang umum digunakan di Jepang berkaitan dengan penilaian beban lingkungan. Akibatnya, mengenai pertimbangan lingkungan dalam konstruksi bangunan, konten JIS Q 20915 telah diterbitkan dalam bab konstruksi rangka baja dari Pedoman Pengelolaan Konstruksi Bangunan (2019) yang diawasi oleh Sekretariat Menteri dari Kementerian Pertanahan, Infrastruktur, Transportasi dan Pariwisata.

Selanjutnya, mengenai Deklarasi Produk Lingkungan (EPD) berdasarkan ISO 14025, Federasi telah mengajukan banding ke Asosiasi Manajemen Lingkungan Jepang untuk Industri sehingga metodologi penghitungan LCI berdasarkan JIS Q 20915 menjadi sasaran penilaian EPD, yang mengarah pada penilaian EPD, yang menyebabkan paksaan pada Juni 2019 dari Aturan Kategori Produk (PCR) yang digunakan sebagai standar penilaian untuk EPD. Dipicu oleh paksaan ini, dianggap bahwa akuisisi EPD untuk produk baja dan produk sekunder yang menggunakan produk baja akan dipromosikan di Jepang.

Fig. 1 System Boundaries Used in LCI Calculation Methodology

Conventional system boundary

From raw material mining to product shipment



System boundary in ISO 20915 and JIS Q 20915

From raw material mining to product shipment in which the recycling effect is taken into account

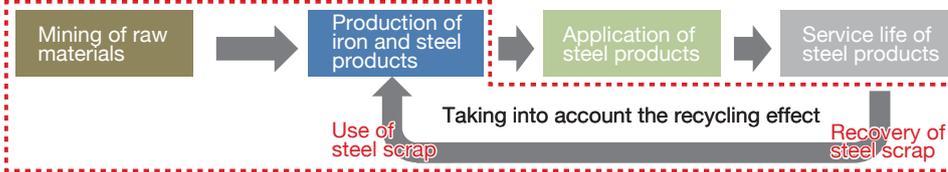
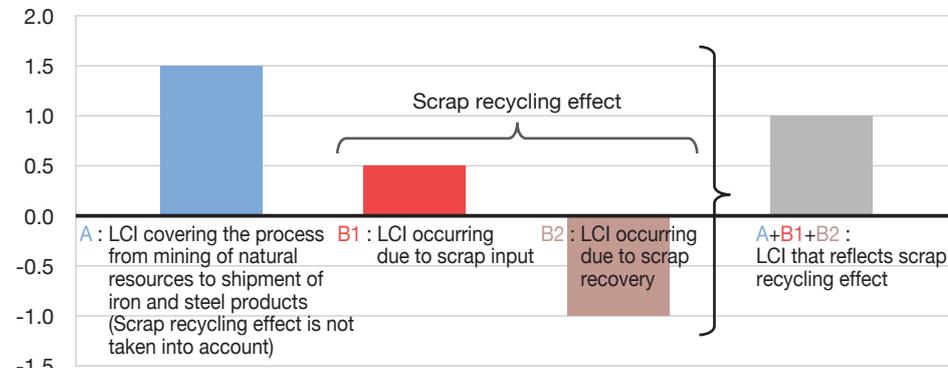


Fig. 2 LCI Calculation Methodology Adopted in JIS Q 20915

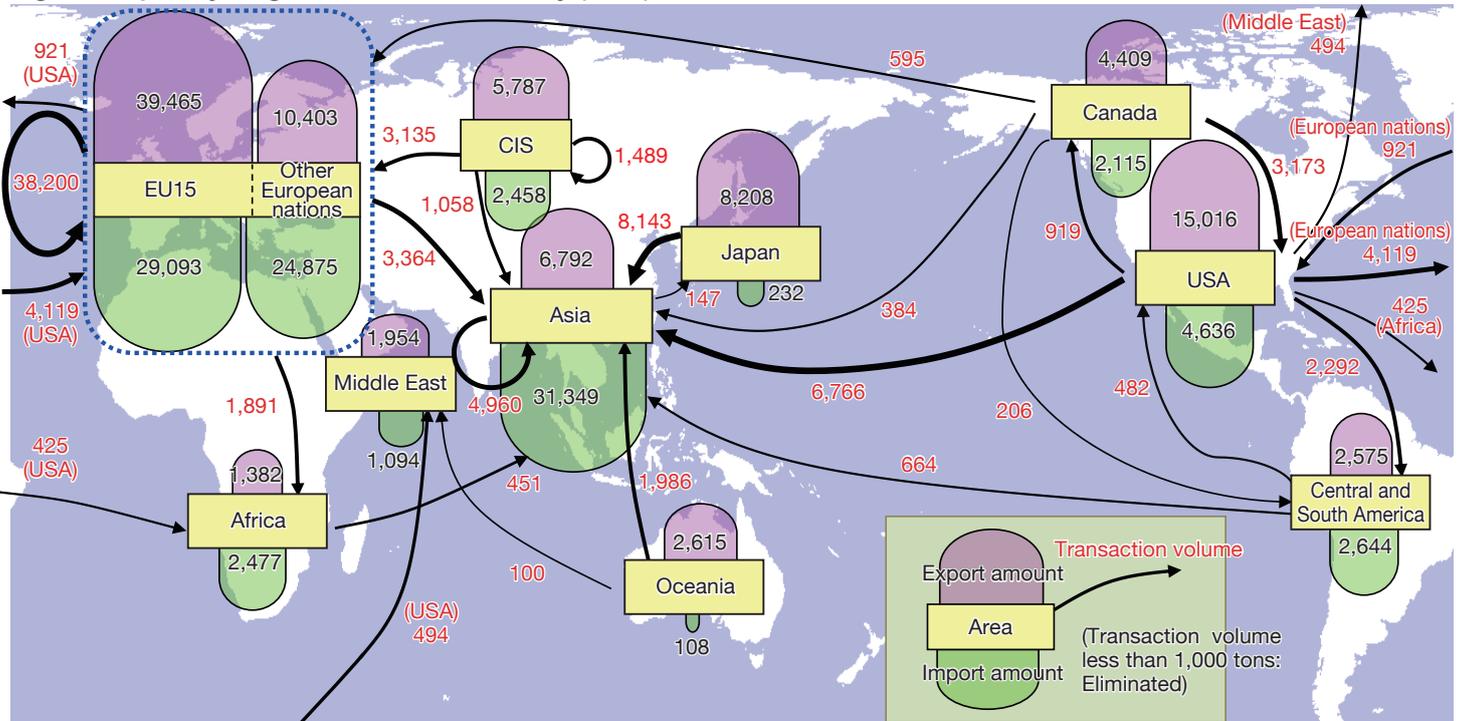
Environmental effect (index)



Source: "Fig. 3 Concept of LCI Calculation for Steel Products" in JIS Q 20915

Fig. 3 Scrap Recycling under Market Economy (2017)

(unit: 1,000 tons)



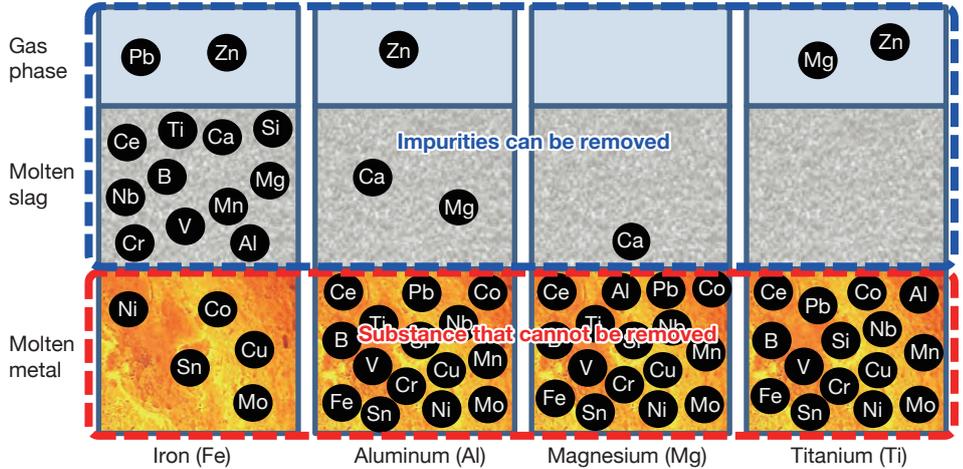
Source: International Steel Statistics Bureau, World Steel Association, the Japan Ferrous Raw Material Association

Fig. 4 Environmental Burdens Occurring during Regeneration of Steel Products



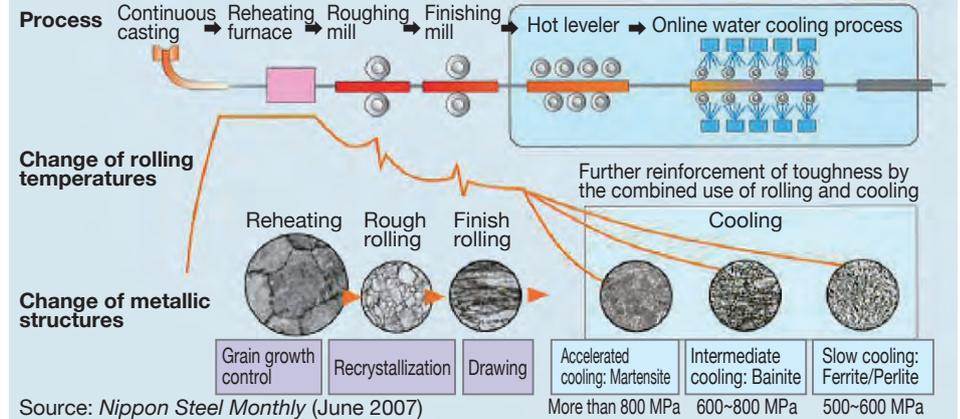
Photo 1 Magnetic separation of used steel products from waste materials
Photo: The Japan Iron and Steel Federation

Fig. 5 Maintaining of Quality during Regeneration



Source: Modification of the "Report 232_269 by Taketo Hiraki et al" submitted at the 23rd Annual Conference of Japan Society of Material Cycles and Waste Management (2012)

Fig. 6 Microstructure Control to Impart Diverse Properties



Source: Nippon Steel Monthly (June 2007)

Fig. 7 Production of Steel Products in the World (Steel Products via Blast Furnace Method and Electric Arc Furnace Method)

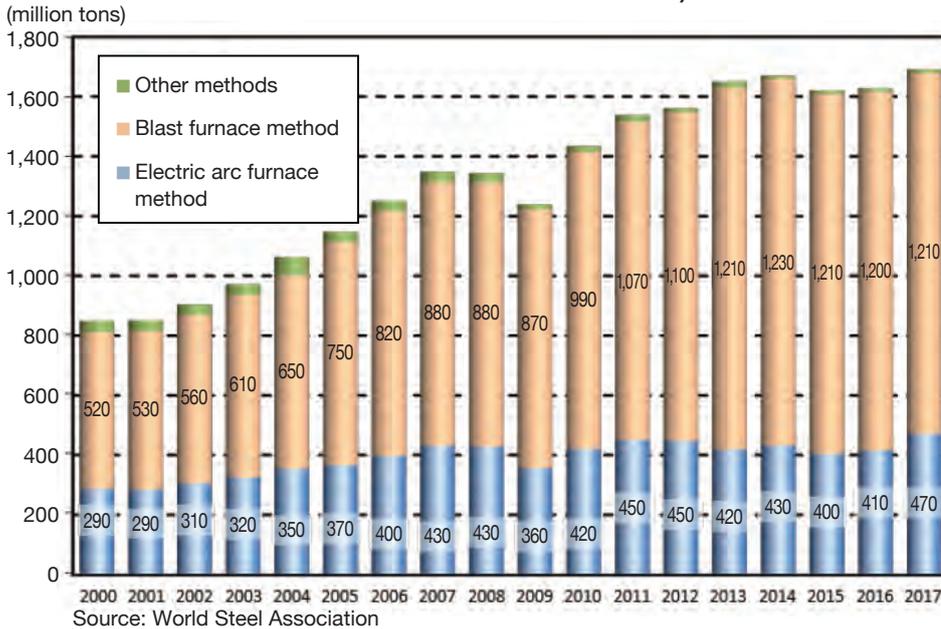


Fig. 8 Circulation of Iron and Steel Products in the World (2018)

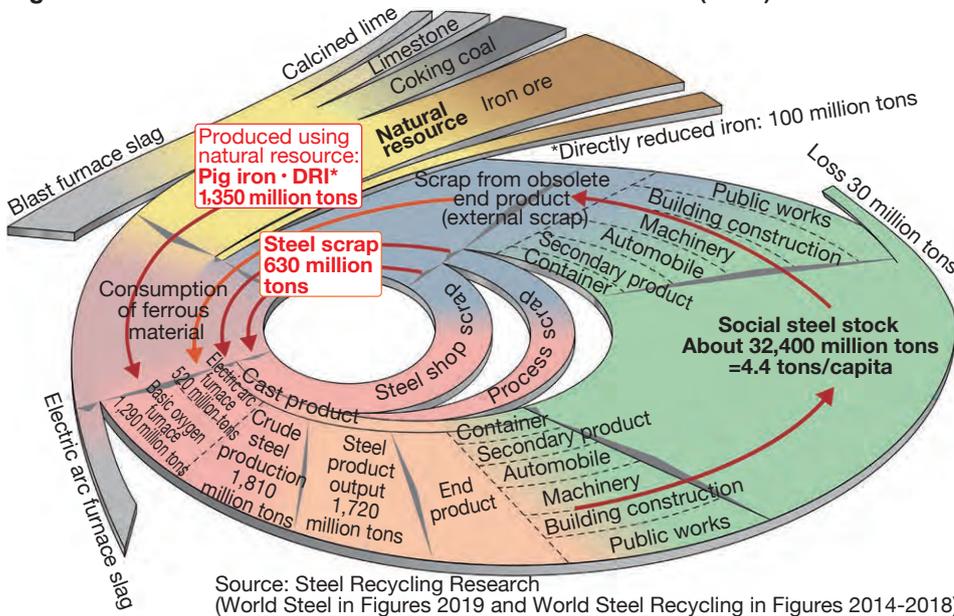


Fig. 9 LCI in Lifecycle of Iron and Steel Products

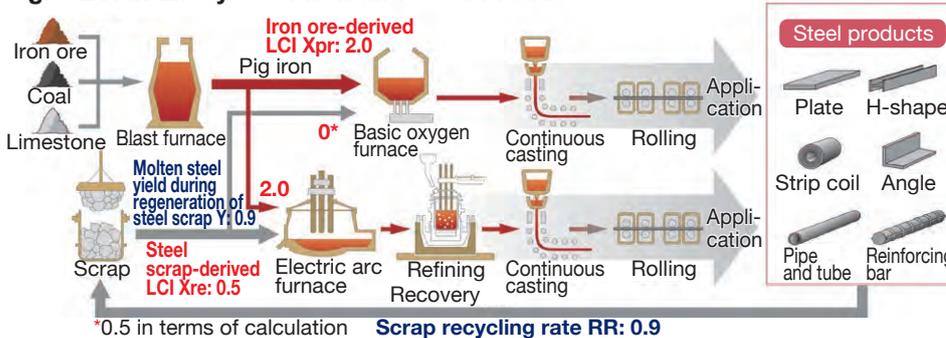


Fig. 10 Concept of LCI Calculation for Steel Products (Lifecycle Average)

$$\text{Average value (t-CO}_2\text{/t)} = \frac{\text{CO}_2 \text{ emissions in steel product lifecycle (t-CO}_2\text{)}}{\text{Lifecycle production of steel products (t)}}$$

Fig. 11 Concept of LCI Calculation for Steel Products Based on Recycling (with recycling)

$$\text{LCI} = \frac{\text{Environmental burdens occurring from steel products (t-CO}_2\text{)}}{\text{Production of steel products (tons)}}$$

$$= \frac{2.00 + 0.41 + 0.33 + 0.27 + 0.22 + \dots}{1.00 + 0.81 + 0.66 + 0.53 + 0.43 + \dots} = 0.79 \text{ (t-CO}_2\text{/t)}$$

Fig. 12 Number of Lifecycle and Transition of LCI

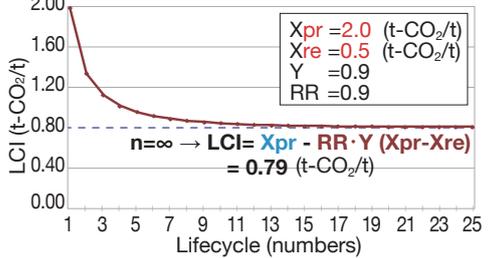


Fig. 13 Relationship of LCIs between Basic Equation and Standards' Equation

$$\text{LCI} = X_{pr} - RR \cdot Y (X_{pr} - X_{re})$$

X_{pr}
 $[A + B1]$
 $[B2]$
 $-RR \cdot Y (X_{pr} - X_{re})$

(Halaman 9~12)

Artikel Fitur: Daur Ulang (Recycling) dan Penilaian Siklus Hidup (Lifecycle) Produk Baja (3)

Daur Ulang dan Masa Depan Material Baja

Oleh Ichiro Daigo dan Pasan Dunuwila
Departemen Teknik Material, Universitas Tokyo

Pendahuluan

Industri baja telah menghasilkan lebih dari 1,5 miliar ton baja mentah per tahun sejak 2010; misalnya, telah menghasilkan 1,63 miliar ton baja mentah pada 2017. Dibandingkan dengan industri lain yang memproduksi logam, dampak lingkungan yang berkaitan dengan produksi baja disebabkan oleh sumber daya yang dikonsumsi sangat besar. Meskipun proses *blast furnace* dalam pembuatan baja sangat efisien, produksi baja di masa depan telah dipertanyakan sehubungan dengan tujuan jangka panjang Perjanjian Paris yang secara khusus menginginkan pengurangan drastis dalam emisi gas rumah kaca global pada tahun 2050. Artikel ini, oleh sebab itu, memperkirakan masa depan bahan baja dari sudut pandang pemikiran siklus hidup material.

Penanggulangan Pemanasan Global di Industri Baja

Skenario stabilisasi terendah dari Badan Energi Internasional (IEA), yaitu, RCP 2.6, memungkinkan industri baja untuk mengeluarkan 112 miliar ton CO₂ dalam 40 tahun mulai dari 2011 hingga 2050. Untuk memenuhi batas yang ditentukan ini, diperlukan sekali untuk mengubah proses yang kurang efisien ke proses yang lebih efisien melalui penanggulangan seperti pembaruan peralatan yang usang. Pada Gbr. 1, jumlah konsumsi energi primer untuk menghasilkan jumlah satuan baja mentah dengan *blast furnace* (BF) -basic oxygen furnace (BOF) dan proses *electric arc furnace* (EAF) di berbagai negara dibandingkan. Jepang memiliki industri baja dengan konsumsi energi terendah dan ini terutama dapat dikaitkan dengan efisiensi energi yang tinggi dalam pembuatan baja.

Perkembangan teknologi proses yang berasal dari proyek nasional yang disebut "Pengurangan Utama CO₂ dalam Proses Pembuatan Baja dengan Teknologi Inovatif untuk Cool Earth 50 (COURSE 50)", dan program Pembuat Baja CO₂ Ultra Rendah Eropa (ULCOS) telah menonjol dalam mencapai status tersebut. Oleh karena itu, Jepang harus terus menemukan teknologi pemrosesan baja yang baru dan

inovatif serta penyebarannya ke seluruh dunia. Di sisi lain, dari sudut pandang kebijakan, seseorang tidak boleh menyebabkan emisi yang lebih besar di tempat lain ketika mencoba untuk mengoptimalkan sistem tertutup secara geografis, dan sebagai gantinya, pembuat kebijakan harus mempertimbangkan variasi regional dalam efisiensi energi.

Gbr. 1. Perbandingan Intensitas Energi Utama Baja oleh Negara (Jepang = 100)

Saham Baja dan Permintaan Masa Depan

Beberapa model estimasi yang memprediksi permintaan bahan baja di masa depan telah diusulkan. Salah satunya adalah model yang disebut "Hipotesis Intensity of Use (IU)", di mana IU berarti konsumsi logam tertentu per PDB. Seperti ditunjukkan pada Gbr. 2, IU ini mendapatkan bentuk-U terbalik karena pendapatan per kapita meningkat. Banyak perkiraan permintaan, termasuk hipotesis IU, telah diekstrapolasi ke masa depan dengan menganalisis permintaan historis (aliran) dalam deret waktu. Dalam beberapa tahun terakhir, metode berdasarkan pada saham material yang erat kaitannya dengan aliran konsumsi telah diusulkan dan diuji.

Umur produk menentukan berapa lama material baja tersebut yang termasuk dalam saham digunakan. Gbr. 3 disini menggambarkan fluktuasi pada saham baja di Jepang. Menurut gambar tersebut, dari 1.4 miliar ton saham baja, ca. 1 miliar ton merupakan saham yang digunakan. Saham-infrastruktur atau saham-infra (yaitu, jumlah bahan baja yang ada di infrastruktur semi-permanen seperti bendungan celah (lihat Foto 1), baut jangkar, dll. merupakan bagian utama dari saham yang sedang digunakan ini. Sisanya dapat berasal dari material baja yang tertinggal, seperti baja yang sudah usang (saham usang NB (lihat Foto 2) ada di antroposfer dan baja yang masih sulit dikumpulkan) dan saham hibernasi (baja NB dalam saham hibernasi mungkin dikumpulkan di masa depan sebagai akibat kenaikan harga, dll.) Saham yang digunakan ini di Jepang telah jenuh sejak tahun 2000, dan tren serupa telah dilaporkan di negara-negara maju lainnya.

Dari perspektif saham material, kurva dari hipotesis IU sebelumnya dapat dibaca sebagai perubahan dari kurva sigmoidal (berbentuk S) yang jenuh ke titik tertentu pada plot tertentu. Material melakukan fungsinya saat digunakan daripada dikonsumsi; oleh karena itu, agar lebih cocok dengan hubungan antara

material dan pengguna, disarankan untuk menjelaskan fenomena ini sebagai perubahan series waktu dalam saham material yang bergantung pada jumlah penggunaan material. Oleh karena itu, menggunakan aturan empiris kecenderungan saturasi yang disebutkan di atas, "model stock-driven" telah diusulkan. Untuk lebih spesifik, fungsi Logistik dan Gompertz telah digunakan untuk mengembangkan model *stock-driven* dan dengan demikian untuk memperkirakan saham material di masa depan.

Dalam model-model yang memperkirakan permintaan baja di masa depan, jumlah skrap yang tersedia adalah faktor penting dalam menghitung jumlah emisi gas rumah kaca. Tabel 1 merangkum perkiraan terbaru untuk permintaan baja dan pasokan skrap pada tahun 2050 dan 2100. Karena perkiraan ini berdasarkan pada model dan parameter yang berbeda dari sumber yang berbeda, nilainya cenderung bervariasi. Namun, Tabel 1 menunjukkan bahwa skrap itu sendiri tidak dapat memenuhi permintaan baja di masa depan bahkan pada tahun 2100. Rasio sumber besi berkurang dari bijih besi diperkirakan setidaknya 50% dari produksi baja mentah pada tahun 2050 dan 30% pada tahun 2100. Saat ini ada banyak negara dan wilayah yang akan memperoleh status "maju" di masa depan; maka baja dan skrap akan terus diperdagangkan secara internasional. Misalnya, kelebihan skrap baja di satu negara secara efektif akan diperdagangkan ke negara lain yang akan kekurangan sumber daya besi.

Gbr. 2. Diagram Konseptual dari Hipotesis IU

Gbr. 3. Tren Saham Baja di Jepang

Foto 1. Bendungan celah baja

Foto 2 Saham yang tidak terpakai

Tabel 1. Permintaan Baja Mentah Global dan Pasokan Skrap pada Tahun 2050 dan 2100

Daur Ulang Baja

Baja diketahui sangat dapat didaur ulang. Tapi kemudian, berapa kali baja dapat digunakan secara berulang? Pada Gbr. 4, kami menganggap bahwa material baja yang ada dalam kondisi baja mentah, produk baja, penggunaan, skrap bekas, dll., dan aliran yang menghubungkan proses pada gambar tersebut (cth. Gbr. 4) merupakan transisi diantara kondisi-kondisi yang disebutkan. Oleh karena itu, informasi aliran material yang disebut sebagai "Probabilitas transisi keadaan.". Dengan asumsi bahwa pola penggunaan baja (aliran material) saat ini berlanjut selamanya, metode yang mengevaluasi jumlah rata-rata

penggunaan berulang telah dikembangkan dengan menerapkan model rantai Markov. Jumlah rata-rata penggunaan di sini mengacu pada berapa kali baja telah digunakan dalam produk dalam negeri sejak kondisi awalnya (bijih besi), sebelum diekspor atau dibuang (lihat Gambar 5). Selanjutnya, baja yang diekspor dapat dihilangkan atau diekspor kembali setelah digunakan di tujuan yang diekspor. Di Jepang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 6, jumlah yang lebih besar dari material baja dan skrap diekspor pada saat transisi kondisi, jadi jika hanya dihitung dari aliran material, lebih dari 80% baja dalam keadaan terserap ditemukan diekspor. Di sini, dengan asumsi bahwa pola produksi dan konsumsi material baja di luar Jepang mirip dengan yang ada di Jepang, dan berdasarkan aliran baja di Jepang pada 2005, dapat diperkirakan bahwa baja telah berulang kali digunakan, lima kali di Jepang. Dengan menerapkan model ini dan memperkirakan tingkat kelangsungan hidup global dari waktu ke waktu, diperkirakan bahwa sekitar setengah dari material baja yang baru diproduksi masih akan digunakan bahkan setelah 300 tahun. Oleh karena itu, material baja akan menguntungkan banyak generasi yang akan datang dengan terus dilahirkan kembali sebagai produk yang berbeda di seluruh dunia. .

Gbr. 4. Diagram Konseptual untuk Transisi Keadaan Aliran Material Baja

Gbr. 5. Diagram Konseptual untuk Transisi Negara

Gbr. 6. Diagram Alir untuk (a) Baja dan (b) Skrap Baja (2014, Satuan: juta ton)

Keterangan Penutup

Untuk mengurangi emisi gas rumah kaca di masyarakat, mengurangi gas tersebut yang berada di industri baja adalah suatu keharusan. Bahan baja akan menjadi permintaan tinggi karena sebagai fondasi untuk infrastruktur yang berkontribusi pada kesejahteraan sosial di negara-negara berkembang. Meskipun baja sangat dapat didaur ulang, permintaan di masa depan tidak dapat dipenuhi dengan daur ulang dari skrap saja; karenanya, besi harus dikurangi bahkan sampai tahun 2100, dan perkembangan lebih lanjut mengenai pembuatan baja karbon rendah diharapkan.



Ichiro Daigo: Associate Professor at Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo. He received Ph.D., M.S. and B.E. degrees from Kyoto University. He has developed many analytical models and tools and pioneered research in Industrial Ecology. His achievement has been published in many academic articles and books.



Pasan Dunuwila: Project Researcher, Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo. He acquired his B.Eng., M.Eng., and Ph.D. (Engineering) from Toyohashi University of Technology, Japan. His research interests primarily lie on the upliftment of economic, environmental and societal well-being of industries through the tools such as Material Flow Analysis, Material Flow Cost Accounting, and Environmental and Social Life Cycle Assessment. His works have been published in several reputed journals.

Fig. 1. Comparison of Primary Energy Intensity of Steel by Country (Japan = 100)

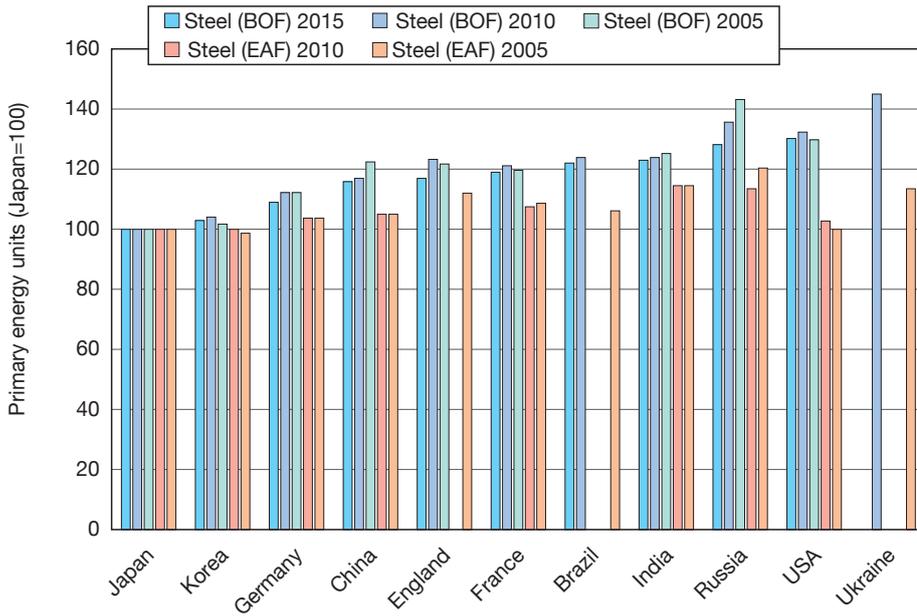


Fig. 2. Conceptual Diagram of IU Hypothesis

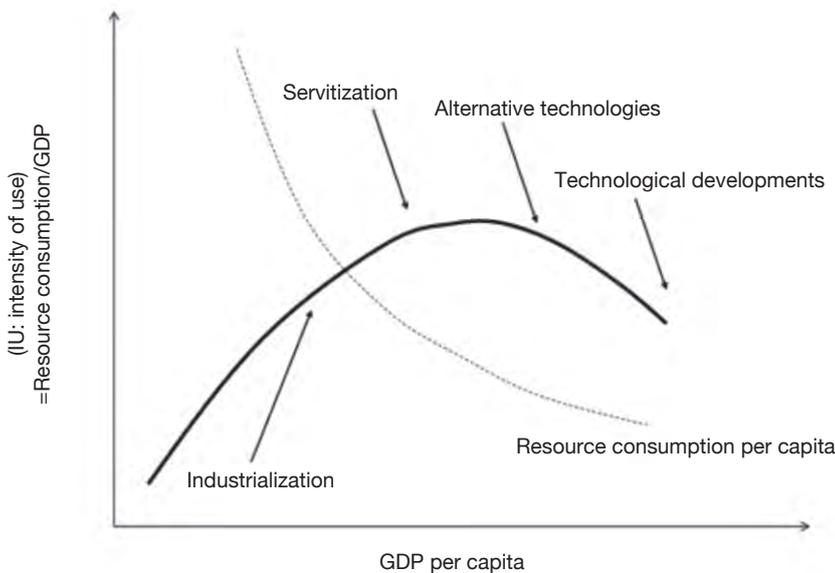


Fig. 3. Trend of Steel Stocks in Japan

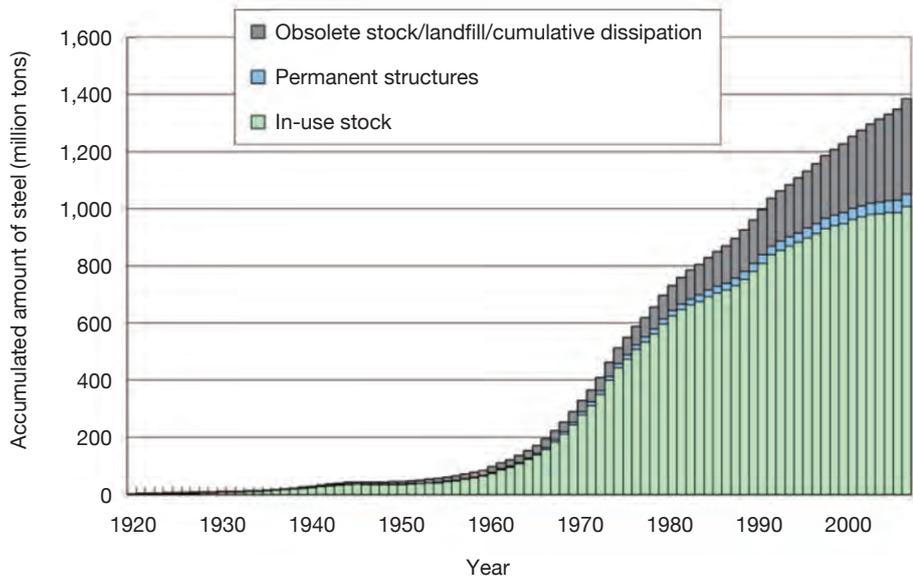


Photo 1 Steel slit dam



Photo 2 Obsolete stock

Table 1 Global Crude Steel Demand and Scrap Supply in 2050 and 2100

(unit: billion tons/year)

	2050		2100		References
	Crude steel demand	Scrap supply	Crude steel demand	Scrap supply	
Pauliuk et al. 2013	2.1	1.0	2.6	1.8	11)
Oda et al. 2013*	2.2	0.9	Not applicable		12)
Morfeldt et al. 2015**	2.1-2.3***	0.5-0.6	2.3-2.6	1.6-1.7	13)

* Reference case;

** Results of scenario demand stagnation in 2050;

*** The results of the three scenarios were denoted as a range

Fig. 4. Conceptual Diagram for State Transitions of Steel-material Flows

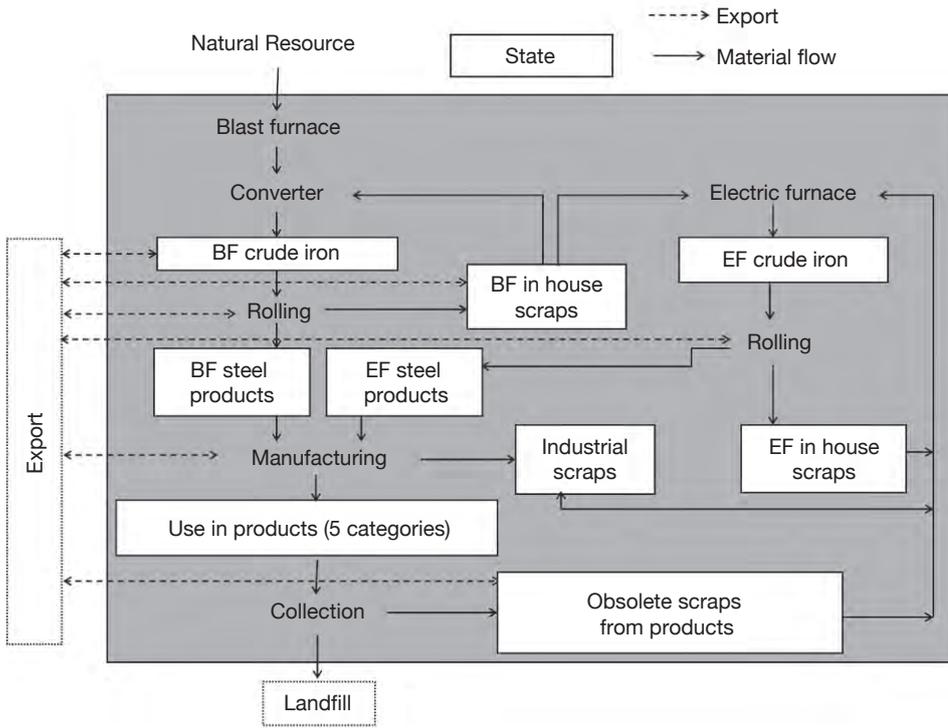


Fig. 5. Conceptual Diagram for State Transitions

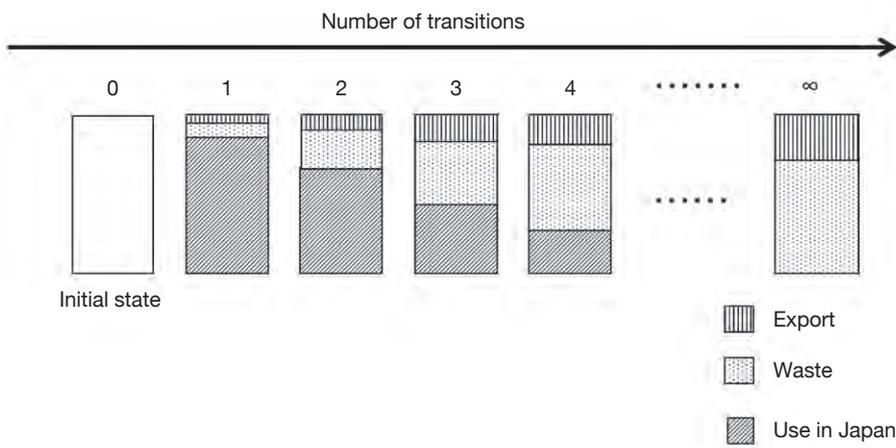
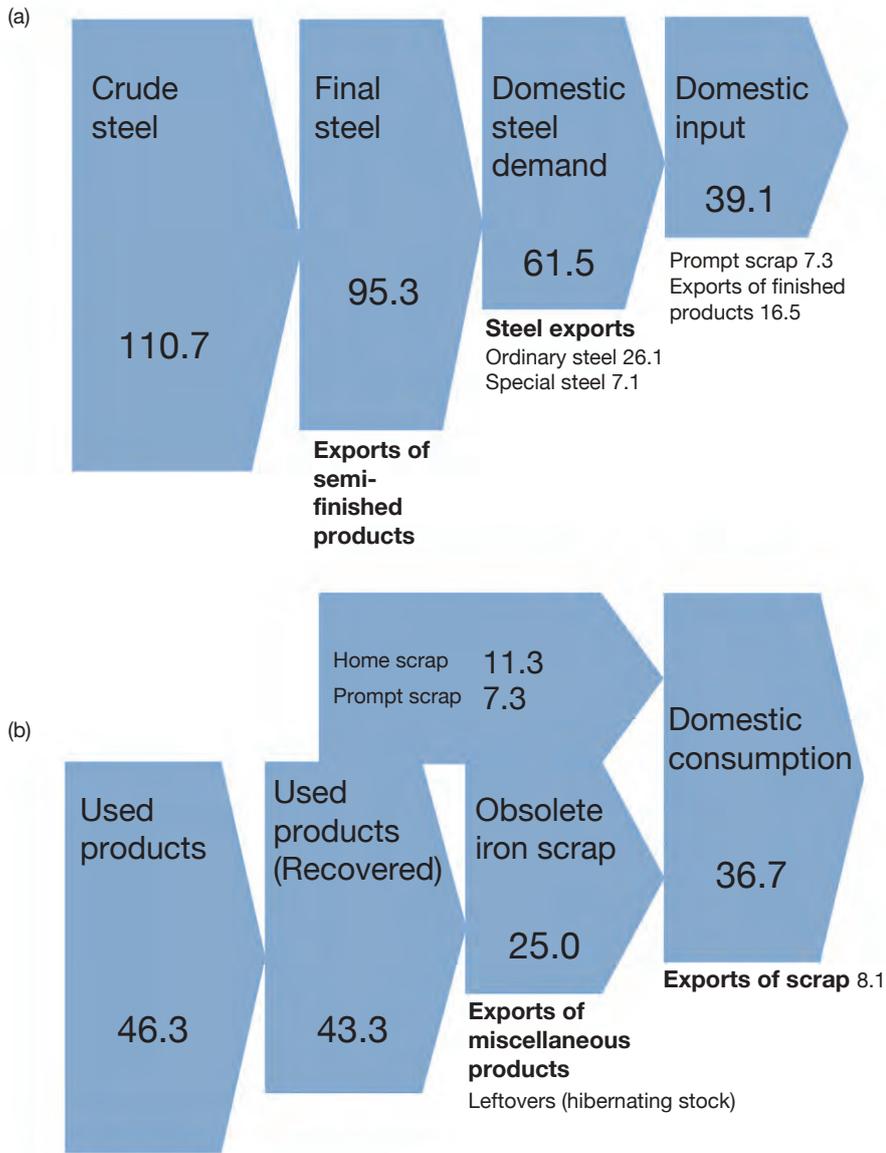


Fig. 6. Flow Chart for (a) Steel and (b) Steel Scrap (2014, Unit: million tons)



(Halaman 13)

Artikel Fitur: Daur Ulang (Recycling) dan Penilaian Siklus Hidup (Lifecycle) Produk Baja (4)

Seminar Baja Hijau (Green Steel)

Diadakan

Komite Baja Ramah Lingkungan untuk Konstruksi Federasi Baja dan Besi Jepang

Federasi Besi dan Baja Jepang menyatakan bagaimana menangani masalah lingkungan yang timbul dari produksi besi dan baja sebagai salah satu pilar utama operasinya. Di antara komite untuk mempromosikan langkah-langkah untuk penanganan masalah lingkungan adalah Komite Baja Ramah Lingkungan untuk Konstruksi, yang mempromosikan penelitian penilaian kinerja lingkungan dari produk baja konstruksi dan kegiatan untuk meningkatkan pemahaman tentang dominasi lingkungan dari produk ini.

Dalam rangka mempromosikan pemahaman tentang kinerja lingkungan yang tinggi yang ditunjukkan oleh produk baja—kondusif untuk mencegah pemanasan global, membangun masyarakat yang berorientasi sirkulasi dan menyelaraskan dengan alam, panitia telah mengadakan "Seminar Baja Hijau" setiap tahun sejak 2011 di Tokyo untuk mereka bekerja di bidang konstruksi. Pada bulan November 2019, panitia mengadakan seminar kesembilan di Tokyo dan berencana untuk mengadakannya untuk pertama kalinya di Osaka pada bulan Desember dengan konten yang mirip dengan yang ada di Tokyo.

Seminar kesembilan diadakan dengan tema “Langkah-langkah terkini untuk Meningkatkan Infrastruktur Sosial dan Penilaian Siklus Hidup: Kinerja Lingkungan yang Khusus untuk Produk Baja.” Secara khusus, empat presentasi dibuat berpusat pada penerapan deklarasi produk lingkungan (EPD), perbedaan antara daur ulang tipe tertutup dan daur ulang tipe terbuka dan refleksinya dalam penilaian siklus hidup (LCA), dan metodologi LCA dengan memanfaatkan daur ulang baja sebaik-baiknya (lihat tabel di bawah ini)

Daftar Judul dan Penyaji Presentasi pada Seminar Baja Hijau kesembilan di tahun 2019

Judul	Penyaji
Penerapan Deklarasi Produk Lingkungan (EPD), Label Hijau Berdasarkan ISO 13025, dalam Produk Besi dan Baja	Masayuki Kanzaki Direktur, LCA Center, Asosiasi untuk Penelitian Manajemen Keberlanjutan
Perbedaan antara Daur Ulang tipe Tertutup dan Daur Ulang tipe terbuka dan Refleksinya dalam Penilaian Siklus Hidup Produk Besi dan Baja	Ichiro Daigo Associate Professor, Departemen Teknik Material, Sekolah Pascasarjana Teknik, Universitas Tokyo
Metodologi Penilaian Siklus Hidup untuk Produk Besi dan Baja Memaksimalkan Daur Ulang yang Tinggi	Hidekazu Matsubara Secretary, Komite Baja Ramah Lingkungan untuk Konstruksi, Federasi Besi dan Baja Jepang
Cincin Baja Menghubungkan Orang-Orang dengan Bumi: Kinerja Lingkungan Baja dan Tren Terbaru dalam Inisiatif Industri Baja Jepang untuk Mengurangi Pemanasan Global	Yuuki Yamamoto Chairman, Komite Baja Ramah Lingkungan untuk Konstruksi, Federasi Besi dan Baja Jepang

**A List of Presentation Titles and Presenters
at the Ninth Green Steel Seminar in 2019**

Title	Presenter
Application of Environmental Product Declaration (EPD) in Iron and Steel Products	Masayuki Kanzaki Director, LCA Center, Sustainable Management Promotion Organization
Deference between Closed-type Recycling and Open-type Recycling and Its Reflection in the Lifecycle Assessment of Iron and Steel Products	Ichiro Daigo Associate Professor, Department of Materials Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo
Lifecycle Assessment Methodology for Iron and Steel Products Making the Most of Their High Recyclability	Hidekazu Matsubara Secretary, Committee on Environment-friendly Steel for Construction, The Japan Iron and Steel Federation
The Iron Cycle Connects People with the Earth: Steel's Environmental Performance and Recent Trends in the Japanese Steel Industry's Initiatives to Mitigate Global Warming	Yuki Yamamoto Chairman, Committee on Environment-friendly Steel for Construction, The Japan Iron and Steel Federation



(Reference: Scenes of the 2018 Green Steel Seminar in Tokyo)



(Halaman 14)

Artikel Fitur: Daur Ulang (Recycling) dan Penilaian Siklus Hidup (Lifecycle) Produk Baja (5)

Pengenalan ISO20915 pada Sesi Pleno Konferensi Tahunan SEAISI

Komite Strategi Lingkungan Internasional
Federasi Besi dan Baja Jepang

Institut Besi dan Baja Asia Tenggara (SEAISI) mengadakan Konferensi Tahunannya di Bangkok, Thailand pada 16~20 Juni 2019, di mana Komite Strategi Lingkungan Internasional Federasi Besi dan Baja Jepang (JISF) mengirim Dr. Shiro Watakabe, Staf Manajer Umum, Grup Kebijakan Perubahan Iklim, Departemen Perencanaan Teknologi Korporasi Baja JFE. Pada Sesi Pleno II Konferensi Tahunan, beliau menyampaikan perkuliahan yang memperkenalkan ISO20915, yang distandarisasi oleh Organisasi Internasional untuk Standarisasi (ISO) pada November 2018.

Beliau juga bergabung dalam diskusi panel yang diadakan pada Sesi Pleno II dengan tema utama "penciptaan nilai pada industri baja melalui pola pikir ekonomi sirkular." Pada sesi ini, peserta membuat presentasi yang berkaitan dengan gagasan ekonomi sirkular. Wikrom Vajragupta, ketua, memberikan kesan — "Gagasan tentang ekonomi sirkular berbeda oleh negara dan organisasi, dan dalam situasi di mana banyak negara ASEAN menunjukkan kelebihan impor dibandingkan ekspor, ada banyak CEO yang berpikir sulit tentang bagaimana memahami ekonomi sirkular, tetapi presentasi dari Dr. Shiro Watakabe dan peserta lainnya menunjukkan banyak saran informatif. "

Setelah presentasi, ada pertanyaan dan jawaban, di mana Dr. Shiro Watakabe menekankan bahwa produk baja adalah bahan yang paling ramah lingkungan dari aspek penilaian siklus hidup. Dia mengakhiri sesi dengan menyatakan—"Adalah ISO20915 yang memungkinkan untuk mengevaluasi efek daur ulang baja dalam metode yang terlihat, dan saya akan sangat senang jika poin utama presentasi saya hari ini akan disaring secara mendalam kepada orang dan organisasi yang relevan di negara-negara ASEAN."

Sebagai acara terakhir pada sesi tersebut, sebuah video berdurasi 30 detik diperlihatkan yang disiapkan oleh JISF dengan konsep "Sebenarnya, Baja adalah Ringan" untuk membuat terkenal penilaian siklus hidup produk baja, adegan-adegan yang diambil dalam jurnal baja utama di Jepang untuk sensasi. Dalam Sesi tersebut, Dr. Nae Hee Han dari Asosiasi Baja Dunia

dan Mr. Yap Chin Seng, Otoritas Sertifikasi untuk Baja Tulangan, Inggris juga tampil sebagai panelis selain Dr. Shiro Watakabe.



(Halaman 15~Sampul belakang)

Artikel berseri: Desain Terkini Bangunan Baja di Jepang (4)

GINZA KABUKIZA

—Membangun Menara Perkantoran Bertingkat Tinggi pada Ruangan Terbuka Teater Kabukiza Tradisional Menggunakan *Mega Truss* Bertingkat Sedang—

Mitsubishi Jisho Sekkei Inc.

Kengo Kuma and Associates

Teater Kabukiza di Ginza, Tokyo, telah dibangun kembali sebagai GINZA KABUKIZA, fasilitas kompleks yang terdiri dari Teater Kabukiza baru dan menara perkantoran bertingkat tinggi, Menara Kabukiza, dibangun pada bagian atas Teater Kabukiza. Itu memiliki 29 lantai di atas permukaan tanah dan empat lantai di bawah tanah (basement).

Kami telah ditantang dengan tugas yang sulit untuk menciptakan kembali desain arsitektur tradisional yang khas untuk arsitektur gaya Jepang dengan menggunakan struktur baja, yang telah mengarah pada realisasi keberhasilan dari Teater Kabukiza yang dicitrakan ringan sementara pada saat yang sama secara positif menggabungkan teknologi structural yang maju. Di bagian peralihan antara teater dan menara perkantoran, *mega truss*, perangkat penting dalam hal struktur bangunan, diatur tidak hanya untuk menghasilkan ruang teater lebar bebas-kolom tetapi juga untuk mendukung menara perkantoran bertingkat tinggi yang dibangun di atas teater (Foto 1 dan Gbr. 1).

Foto 1 GINZA KABUKIZA, bangunan fasilitas kompleks dimana perkantoran bertingkat tinggi ditempatkan di atas Teater Kabukiza
Gbr. 1 Bagian GINZA KABUKIZA

Membawa Semangat Sejarah pada Teater Kabukiza

GINZA KABUKIZA adalah proyek rekonstruksi untuk Teater Kabukiza, yang memiliki sejarah lebih dari 100 tahun. Rekonstruksi terkini adalah rekonstruksi kelima. Teater Kabukiza yang ke-empat, diselesaikan pada tahun 1950, dirancang oleh Isoya Yoshida, arsitek ternama di bidang arsitektur gaya Jepang. Karena beberapa kekhawatiran seperti bertambahnya kebodohan, ketahanan seismik yang tidak mencukupi dan kurangnya fasilitas penghalang di teater yang ada, menjadi perlu untuk merekonstruksi sehingga dapat memperbaiki fungsi-fungsi ini. Selanjutnya, untuk terus melanjutkan Kabuki, seni

pertunjukan tradisional Jepang, Teater Kabukiza perlu memasukkan kesinambungan bisnis yang stabil. Untuk mencapai tujuan-tujuan ini, proyek GINZA KABUKIZA dipromosikan sebagai proyek pengembangan yang kompleks di mana gedung perkantoran untuk disewakan akan didirikan tepat pada Teater Kabukiza.

Salah satu target utama yang dikejar dalam proyek saat ini adalah bahwa sejarah pertunjukan Kabuki yang dicintai oleh semua orang perlu dibawa ke masa depan, dan bahwa fungsi-fungsi baru yang memenuhi usia kontemporer perlu dimasukkan ke dalam Teater Kabukiza yang baru. Rekonstruksi keempat Teater Kabukiza dianggap sebagai kompilasi dari semua rekonstruksi dan perbaikan yang sejauh ini dilaksanakan, dan oleh karena itu teater kelima yang baru dibuka secara fundamental menjalankan konsep di balik teater keempat.

Namun, kami pikir itu tepat bahwa Teater Kabukiza kelima yang baru saja dibuka tidak hanya menjalankan teater sebelumnya tetapi telah berhasil mencapai apa yang semua orang harapkan dari teater keempat sebelumnya. (Lihat Foto 2 dan 3, dan Gbr. 2)

Foto 2 Tampilan penuh Teater Kabukiza baru yang didesain dengan mengusung teater lama
Foto 3 Kursi teater yang dipersiapkan dengan mengusung desain teater lama
Gbr. 2 Bagian Kursi Teater

Reaksi Struktur Kayu yang Menggunakan Struktur Baja

Teater Kabukiza keempat adalah struktur beton bertulang, dan bagian luarnya pada dasarnya ditutupi dengan beton. Namun, dalam proyek rekonstruksi saat ini, karena menara perkantoran bertingkat tinggi melekat pada teater, struktur baja tak terelakkan digunakan sebagai bahan utama. Oleh karena itu, bahkan jika teater yang baru adalah untuk menggantikan teater yang lama, tidak mungkin untuk menggunakan bahan struktural yang sama dengan yang digunakan di teater yang sebelumnya.

Khususnya, di teater baru, bagian eksterior diselesaikan dengan menumpukkan pelat pracetak (PC) pada rangka baja. Beton yang diperkuat serat gelas ringan digunakan sebagai kompleks braket, dan aluminium digunakan untuk kaso karena atap teater memiliki lengkungan dan dengan demikian elemen struktur yang diterapkan berbeda. Dengan cara ini, elemen yang sesuai dipilih untuk aplikasi yang tepat.

Muncul beberapa kekhawatiran bahwa adopsi struktur baja akan menyebabkan citra teater lama yang berstruktur beton bertulang. Namun, jika semua elemen struktur yang digunakan untuk teater baru harus diproduksi dengan menggunakan metode pembentukan beton, biaya konstruksi akan melonjak, dan lebih lanjut dianggap bahwa teater baru yang telah selesai tidak akan mampu menggambarkan struktur yang ringan seperti itu.

Selain itu, desain arsitektur Teater Kabukiza mengekspresikan arsitektur kayu tradisional Jepang, dan dengan demikian sistem pelat rangka baja + PC diadopsi untuk teater baru, dibandingkan sistem beton bertulang untuk teater sebelumnya, tampaknya merupakan pilihan yang tepat. Karena struktur kayu dirakit dengan menggabungkan setiap bagian struktur satu per satu, maka seharusnya para insinyur struktur terlibat dalam pembangunan teater ketiga dan keempat dengan penggunaan struktur beton bertulang yang tak terelakkan yang mungkin menghadapi banyak kesulitan. Dengan makna seperti itu, hanya karena perbedaan material struktur antara teater baru dan lama didukung oleh penggunaan teknologi kontemporer secara maksimal, kami yakin bahwa penyampaian konsep arsitektur dari teater sebelumnya ke teater baru berhasil dilakukan.

Peralihan dari Lantai Teater Bawah ke Lantai Atas Perkantoran

Pada proyek rekonstruksi untuk Teater Kabukiza kelima, struktur baja perlu diadopsi untuk mewujudkan fasilitas kompleks yang terdiri dari teater dan menara kantor. Di bagian teater, berbagai perangkat digabungkan untuk menciptakan kembali arsitektur kayu yang menggunakan struktur baja. Karena menara perkantoran bertingkat tinggi berada tepat di atas teater, sistem mega truss diperkenalkan antara teater dan bagian menara bertingkat tinggi. Secara khusus, dua mega truss disusun pada lantai lima dan enam di bagian peralihan antara teater dan menara perkantoran bertingkat tinggi untuk menyediakan atrium bebas kolom di empat lapisan bagian teater dan juga untuk mendukung sepuluh kolom yang dipasang di sisi selatan (sisi depan teater) dari menara bertingkat tinggi. (Lihat Foto 4)

Selanjutnya, agar dapat mentransfer beban dengan lancar dari mega truss ke tanah, mekanisme balok dinding disediakan di ruang bawah tanah ketiga dan keempat untuk mendukung mega truss, di mana beban dari mega truss tersebar dan ditransfer ke tanah.

Di lantai lima dari lantai mega truss, sebuah galeri Teater Kabukiza dan taman di puncak Gedung (rooftop garden) disediakan, dan di lantai keenam, ruang-ruang mesin disediakan. Dengan cara ini, peralatan dan fasilitas lain yang digunakan oleh teater dan menara perkantoran bertingkat tinggi secara cerdas dapat diatur di lantai mega truss yang terletak antara bagian teater dan menara bertingkat tinggi. Dalam rencana sirkulasi untuk keseluruhan bangunan, pintu masuk menara perkantoran diatur secara terpisah dari pintu masuk teater, dan mereka yang bekerja di menara kantor berubah dari lift untuk digunakan untuk lantai bawah ke eskalator untuk menara perkantoran bertingkat tinggi di lantai tujuh. Lubang untuk elevator ini dapat dipasang ke lantai mega truss.

Dalam hal desain arsitektur, peralatan, struktur, dan aspek lain yang terlibat dalam bangunan GINZA KABUKIZA, kami berpikir bahwa peralihan sistem antara teater dan perkantoran bertingkat tinggi telah berhasil diberlakukan.

Foto 4 Struktur mega truss yang disediakan sebagai peralihan struktur antara teater dan menara perkantoran bertingkat tinggi

Desain Seismik

Hal penting dalam tahap desain struktural adalah pengaruh ketahanan seismik dari susunan kolom di mana sebagian besar kolom di sisi selatan (sisi depan teater) ditumpu menggunakan mega truss untuk mengatasi getaran seismik arah selatan-utara. Sementara kolom di sisi utara menara bertingkat tinggi dipasang di atas tanah, kolom di sisi selatan didukung oleh mega truss. Untuk itu, pemeriksaan berulang pada resistensi seismik dilakukan menggunakan pendekatan tiga dimensi dan lainnya untuk mengkonfirmasi keselamatan seismik seluruh bangunan. Khusus untuk menara perkantoran bertingkat tinggi, sistem kendali respons hybrid diadopsi dengan mengatur kedua *buckling-restrained braces* dan *viscous oil dampers*. kawat gigi yang tertekuk oleh tekuk dan peredam oli kental. (Lihat Gambar 3)

Buckling-restrained braces juga ditambahkan di bawah mega truss. Seperti disebutkan di atas, pada proyek rekonstruksi saat ini, desain struktural diperkenalkan di mana struktur portal secara jelas dibagi menjadi yang digunakan untuk teater dan untuk menara perkantoran bertingkat tinggi. Di bagian tingkat bawah, dikarenakan teater terletak di sana dan banyak koneksi dipasang di sana, desain dibuat

sedemikian rupa sehingga deformasi portal ditekan secara fundamental ke tingkat minimum dan portal menunjukkan perilaku elastis. Artinya, desain dibuat agar bagian struktural di bawah mega truss tidak menyebabkan banyak plastisasi. Di sisi lain, di bagian menara bertingkat tinggi, balok utama didesain sehingga beberapa plastisasi diizinkan terjadi selama gempa bumi hebat. Desain struktural yang tertata baik diadopsi untuk teater dan menara perkantoran bertingkat tinggi.

Gbr. 3 Elevasi Portal Arah-x

Mega Truss untuk Menempu Menara Bertingkat Tinggi

Mega truss memiliki panjang bentang 38,4 m dan tinggi 13 m, dan dua rangka disusun di sisi selatan menara bertingkat tinggi (sisi depan Teater Kabukiza). Beban aksial jangka panjang yang harus ditanggung oleh dua mega truss sebesar 9.000 ton, kelas mega truss tertinggi yang diterapkan di gedung-gedung tinggi di Jepang. Baja berkekuatan tinggi (SA-440) dipasang untuk semua elemen atas, elemen bawah, dan elemen diagonal yang memiliki penampang kotak 900x900 mm. (Lihat Foto 5 dan Gbr. 4)

Dikarenakan mega truss adalah elemen berukuran besar, sulit untuk mengangkat rangka yang terpasang di tanah. Oleh karena itu, dirakit dengan menggunakan kolom sementara sambil mengendalikan levelnya dengan menggunakan dongkrak hidrolik (Foto 6). Bagian struktur yang tepat di bawah mega truss adalah gudang perangkat teater, dan dengan demikian diperkirakan dalam proyek rekonstruksi saat ini bahwa, jika kolom sementara dipasang di teater seperti itu, akan timbul beberapa kendala dalam konstruksi teater berikutnya. Untuk itu, perlu untuk menghilangkan kolom sementara dengan cepat setelah selesai pemasangan mega truss, yang bagaimanapun memerlukan peralatan khusus dalam pemasangan portal di atas mega truss.

Ketika portal di atas mega truss harus dipasang sambil mendukung beban portal dengan menggunakan mega truss, mega truss akan menyebabkan defleksi karena beban yang ditanggung olehnya meningkat, dan pada saat yang sama defleksi portal di atas rangka akan meningkat. Artinya, beban tambahan akan ditambahkan ke mega truss, yang akan mengarah pada desain portal yang tidak rasional untuk dipasang di atas rangka.

Untuk mencegah timbulnya efek yang merugikan

tersebut, dongkrak hidrolik dipasang pada dasar kolom pada bagian atas rangka, dan pemasangan portal berlanjut sementara mengatur perpindahan vertikal portal di atas mega truss (Foto 7). Yaitu, proses berikut ini diadopsi: ketika perakitan portal bangunan pada mega truss berlansung, mega truss berdefleksi dikarenakan meningkatnya berat portal tersebut yang menyebabkan defleksi pada portal yang dipasang □ defleksi portal dikoreksi dengan penggunaan dongkrak untuk mempertahankan pemasangan portal tingkat □ kemudian proses ini diulang untuk memasang portal berikutnya secara merata. Bagian menara bertingkat tinggi dibangun sambil mengembalikan portal bangunan ke tingkat yang datar seolah-olah portal di atas mega truss berada di tanah.

Foto 5 Mega truss dengan bentang 38.4 m dan tinggi 13 m dan diproduksi menggunakan SA440 baja berkekuatan tinggi

Foto 6 Dongkrak hidrolik yang digunakan untuk mengamankan rakitan portal

Foto 7 Pengukuran perpindahan portal selama pemasangan

Gbr. 4 Detail Portal Baja Mega Truss

Hambatan Batas Penerapan untuk Struktur Baja

Dikarenakan aktor dan penggemar Kabuki memiliki perasaan yang luar biasa terhadap Teater Kabukiza, bagaimana mereka akan mengevaluasi teater yang baru dibuka adalah perhatian utama kami. Tetapi itu telah menjadi sangat terkenal. Dalam banyak kasus, orang pertama-tama merasakan ketidaksesuaian di teater yang baru dibangun, tetapi secara bertahap menjadi terbiasa dengannya. Teater Kabukiza yang baru, bagaimanapun, telah memenangkan reputasi tinggi sejak selesai. Kami berpikir itu tidak biasa bahwa teater baru telah menerima estimasi publik yang begitu tinggi hanya dari tahap pembukaan teater.

Para aktor, penggemar, dan orang-orang terkait Kabuki secara individu memiliki citra mereka sendiri tentang Teater Kabukiza jauh di dalam hati mereka. Kami sekarang merasa bahagia bahwa kami berhasil merekonstruksi teater sedemikian rupa sehingga memuaskan mereka semua. Audiensi Kabuki, sementara itu, terdiri dari banyak pelanggan tetap yang memiliki pengetahuan mendalam tentang Teater Kabukiza keempat. Teater kelima saat ini sangat mirip dengan pendahulunya sehingga hanya menggeser posisi toko-toko souvenir teater ke sisi sebaliknya yang membuat beberapa pengunjung menjadi bingung.

Selain itu, tidak sedikit orang tidak yakin bahwa teater saat ini telah direkonstruksi, masih percaya bahwa teater keempat dibiarkan utuh, dengan hanya menara bertingkat tinggi yang ditambahkan. Untuk itu, bahkan ada kasus di mana kita ditanya apakah benar bahwa kita sepenuhnya merobohkan gedung teater lama untuk rekonstruksi. Kami mengalami kesulitan, namun proyek rekonstruksi sangat memuaskan. Kami percaya bahwa kami telah melakukan pekerjaan dengan baik, dengan mengambil keuntungan dari kualitas tim desain gabungan Mitsubishi Jisho Sekkei Inc. dan Kengo Kuma and Associates.

Ruang bebas kolom yang disediakan di teater dan mega truss yang diadopsi dalam pembangunan Teater Kabukiza baru hanya tersedia dengan penerapan struktur baja yang fleksibel. Pada tahap awal desain, kami memiliki beberapa kekhawatiran tentang terjadinya getaran dan kebisingan yang disebabkan oleh penggunaan struktur baja, tetapi permasalahan ini telah diselesaikan sepenuhnya dengan memanfaatkan teknologi arsitektur kontemporer. Keberhasilan penyelesaian proyek rekonstruksi saat ini adalah berkat penggunaan maksimum dari baja yang dapat berkinerja tinggi dan upaya habis-habisan untuk menghambat batas penerapan untuk struktur baja. Kami menerima bahwa proyek saat ini dapat diposisikan, dalam artian, sebagai solusi model pada penerapan struktur baja. (Lihat Foto 8)

Foto 8 Atap genteng tradisional Teater Kabukiza dan eksterior kisi dengan spasi sempit di Gedung Kabukiza dari GINZA KABUKIZA yang diselesaikan dengan penggunaan struktur baja yang dioptimalkan



Photo 1 GINZA KABUKIZA, a complex facility building where a high-rise office was installed on the Kabukiza Theatre

Fig. 1 Section of GINZA KABUKIZA

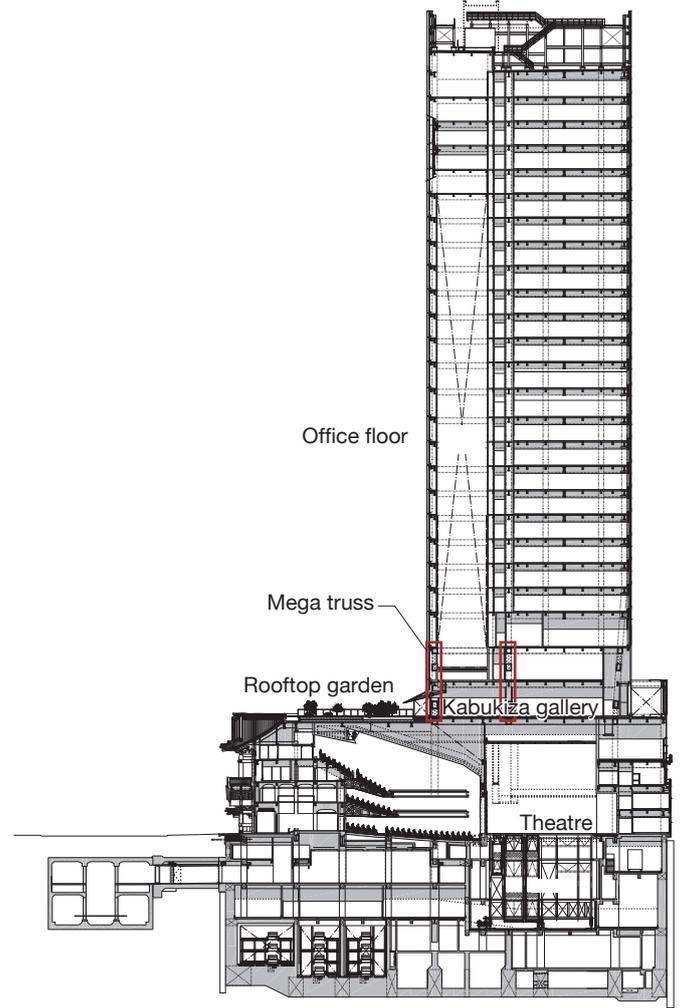


Photo 2 Full view of the new Kabukiza Theatre designed by carrying on the former theatre

Fig. 2 Section of Theatre Seat Section

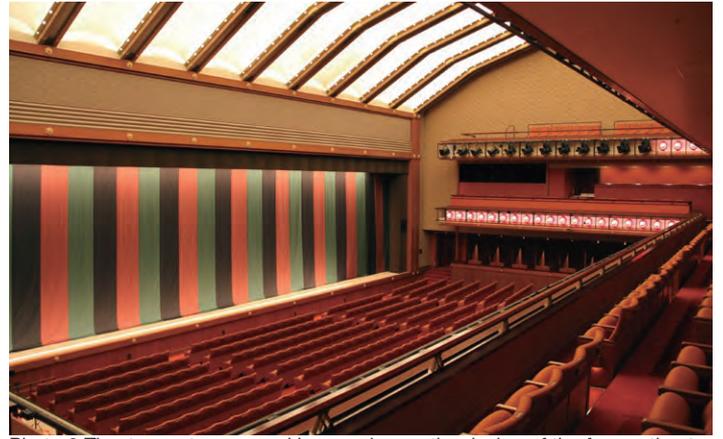
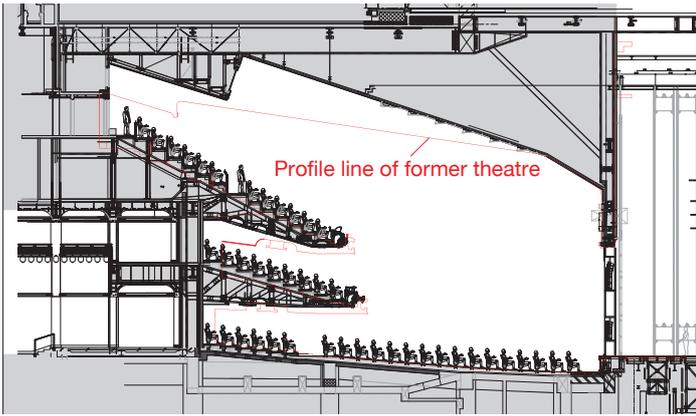


Photo 3 Theatre seats prepared by carrying on the design of the former theatre



Photo 4 Mega truss structure provided as the switchover structure between the theatre and high-rise office tower

Fig. 3 X-direction Framing Elevation

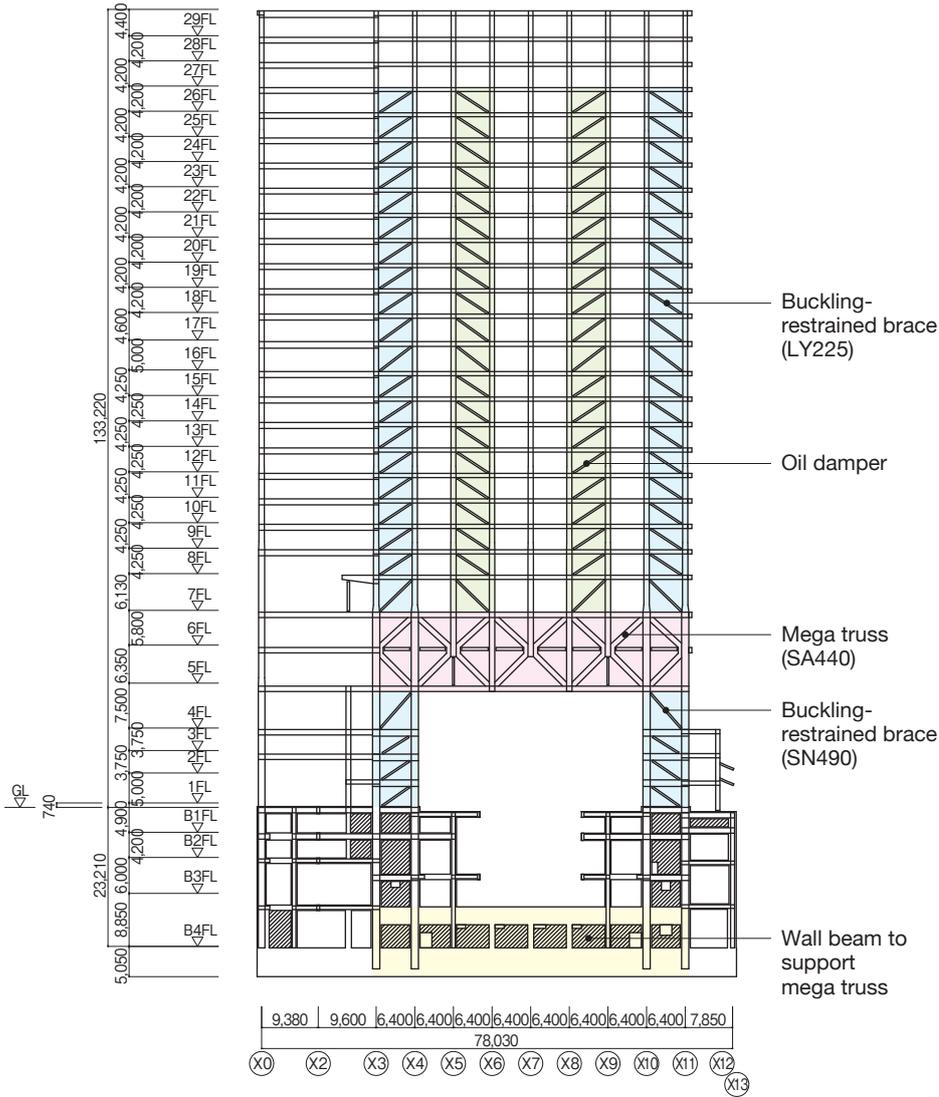


Photo 5 Mega truss with a span of 38.4 m and a height of 13 m and manufactured employing high-strength steel SA440

Fig. 4 Details of Mega Truss Steel Framing

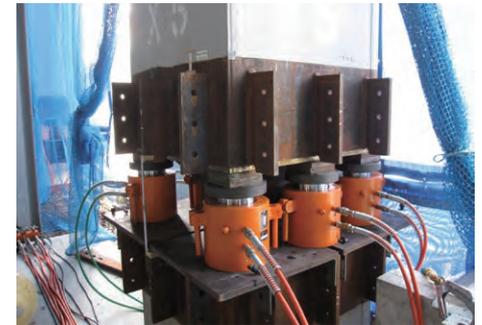
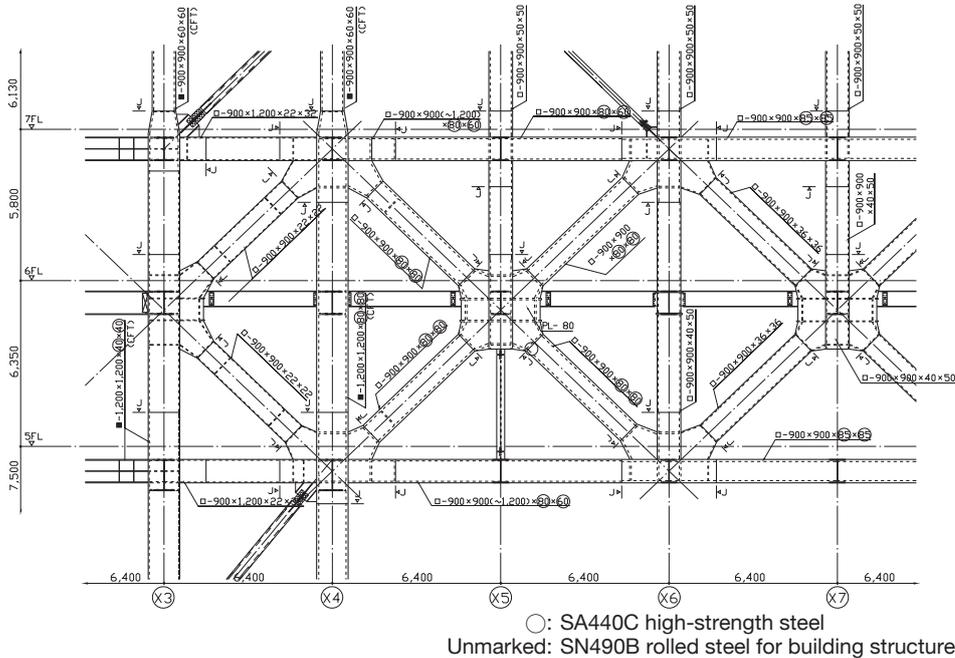


Photo 6 Hydraulic jack used to secure level assembly of frames



Photo 7 Measurement of displacement of frames during installation

Outline of GINZA KABUKIZA Project

Location: Ginza, Chuo-ku, Tokyo

Project owner: KS Building Capital Specific Purpose Company, Kabukiza Theatre

Development: Shochiku Co., Ltd. (trustee)

Main applications: Office, theatre, shop and parking lot

Area: Site area—6,995.85 m²

Building area—5,905.62 m²

Total floor area—93,530.40 m²

Material: Aboveground—Structural steel

Underground—Structural steel and reinforced concrete

Foundation—Reinforced concrete

No. of stories: Four basements, 29 storeys aboveground, two-storey penthouse

Maximum height: 145,500 mm

Design: Mitsubishi Jisho Sekkei Inc., Kengo Kuma and Associates

Structural design: Mitsubishi Jisho Sekkei Inc.

Construction: Shimizu Corporation

Design term: January 2008 to September 2010

Construction term: October 2010 to February 2013

Photo courtesy

Mitsubishi Jisho Sekkei Inc.

Kengo Kuma and Associates

Taisuke Ogawa/Taisuke Ogawa Shashin Jimusho

Mitsumasa Fujitsuka/Helico

Shochiku Co., Ltd.

Kabukiza Theatre



Photo 8 Traditional tile roof of Kabukiza Theatre and vertically-narrow spaced lattice exterior of Kabukiza Building of GINZA KABUKIZA completed by optimized use of steel structure